

Universidad de Costa Rica
Facultad de Educación
Escuela de Formación Docente

Elaboración de módulo de experimentación basado en la naturaleza de las ciencias y presentado con discurso narrativo para el fortalecimiento de habilidades científicas.

Proyecto Final de Graduación

Modalidad: Práctica dirigida para optar por el grado de Licenciatura en Enseñanza de las Ciencias con énfasis en Biología

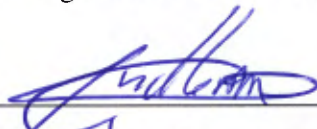
Rachel Korach Cascante (B53744)

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica

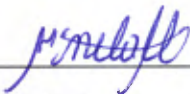
2021

TRIBUNAL EXAMINADOR

Trabajo Final de Graduación presentado el día 11 de mayo del 2021, vía virtual en representación hacia la Facultad de Educación de la Universidad de Costa Rica para optar por el grado académico de Licenciatura en la Enseñanza de las Ciencias Naturales con énfasis en Biología, ante el siguiente tribunal examinador.

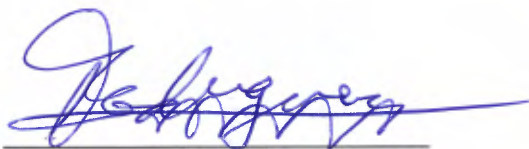


M. Ed. Andrés Loría Calderón
Presidente del Tribunal

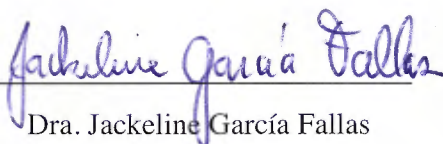


Dra. Marianela Navarro Camacho
Directora

Dra. Rosaura Romero Chacón
Lectora



Dr. Alberto Rodríguez
Lectora



Dra. Jackeline García Fallas
Lectora externa

DECLARACIÓN JURADA

Yo, Rachel Lyn Korach Cascante, estudiante de la Escuela de Formación Docente de la Universidad de Costa Rica, declaro bajo fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que soy la autora intelectual del Trabajo Final de Graduación titulado *Elaboración de módulo de experimentación basado en la naturaleza de las ciencias y presentado con discurso narrativo para el fortalecimiento de habilidades científicas.*

San Rafael, Alajuela, Costa Rica; a los 18 días del mes de mayo del 2021.



Rachel Lyn Korach Cascante

Carné: B53744

Cédula: 116400139

Tabla de Contenidos

Capítulo 1	8
Introducción	8
1. Antecedentes	9
1.1. Uso de la experimentación y la narrativa	10
1.1.1. Importancia de la formación del docente en la implementación de estrategias didácticas innovadoras	12
1.1.1.1 Concepciones epistemológicas del docente	13
1.1.2 Importancia de la NOS en la implementación de estrategias didácticas	14
2. Justificación	15
3. Problemática	18
4. Objetivos	19
Objetivo General	20
Objetivos Específicos	20
Capítulo 2	21
Marco Teórico	21
1. Naturaleza de las Ciencias	21
1.1. Concepción de NOS: Visión consenso	21
1.2. NOS: Nuevas visiones	23
2. Didáctica	24
2.1. Didáctica de las ciencias naturales	24
3. Cognitivismo	26
3.1. La narrativa en los procesos cognitivos	27
3.1.1. La narrativa en la didáctica de las ciencias	28
4. Habilidades para el Siglo XXI	30
4.1. Modelo KSAVE	31
4.2. Educación para la Ciudadanía Mundial	34
4.3 Desarrollo de Habilidades para el Siglo XXI en la Enseñanza de las Ciencias Naturales	35

4.3.1 Uso de experimentación como estrategia que promueve diversas habilidades	35
Capítulo 3	38
Marco Metodológico	38
1. <i>Enfoque de investigación: Mixto</i>	38
2. <i>Sujetos y contexto</i>	39
2.1. Sujetos de investigación	39
2.2. Contexto de investigación	39
3. <i>Estrategias de recolección de datos e información</i>	41
3.1. Descripción de técnicas para la recolección de datos e instrumentos	43
4. <i>Posibles rutas de análisis</i>	47
5. <i>Criterios de Confiabilidad</i>	48
Capítulo 4	50
Análisis de datos	50
1. <i>Pre y post-tests de rendimiento en habilidades científicas</i>	50
2. <i>Cuestionario sobre concepciones de la NOS</i>	53
3. <i>Observación no participativa estructurada</i>	59
3.1. Uso del discurso narrativo por parte del docente	61
3.2. Incorporación de la NOS	64
3.3. Empirismo en la concreción didáctica	66
Capítulo 5	69
Conclusiones y Recomendaciones finales	69
1. <i>Conclusiones</i>	69
1.1 Sobre habilidades para la aplicación del conocimiento científico de los profesores en formación inicial	69
1.2 Sobre concepciones de la NOS de los profesores en formación inicial	69
1.3 Sobre efectos del módulo en los profesores en formación	69
1.4 Sobre la implementación del módulo en colegios públicos de secundaria	70
2. <i>Recomendaciones</i>	71
Referencias Bibliográficas	73

Apéndices	84
<i>1. Cuestionario de concepciones de la NOS</i>	<i>84</i>
<i>2. Pre-test de rendimiento en habilidades</i>	<i>89</i>
<i>3. Post-test de rendimiento en habilidades</i>	<i>100</i>
<i>4. Lista de cotejo para observación de implementación del módulo</i>	<i>110</i>
<i>5. Módulo de experimentación basado en la naturaleza de las ciencias y presentado con discurso narrativo para el fortalecimiento de habilidades científicas.</i>	<i>110</i>

Resumen

La presente investigación propone la elaboración de un módulo de experimentación que emplea el género narrativo como discurso pedagógico con el objetivo de promover habilidades para la formación de ciudadanos conscientes de la Naturaleza de las Ciencias (NOS) y su importancia para la sociedad. Sus fundamentos teóricos son el constructo NOS, la didáctica de las ciencias, el cognitivismo, y la enseñanza por habilidades con base en el modelo KSAVE y la Educación para la Ciudadanía Mundial.

Los sujetos de investigación son 13 estudiantes del Bachillerato en Enseñanza de las Ciencias Naturales de la UCR, que cursaron Metodología en la Enseñanza de las Ciencias Naturales (FD-0526) y Experiencia Docente en Ciencias (FD-0536) durante el 2020.

Por medio de un enfoque de investigación mixto se cumplieron tres objetivos específicos. (1) Identificar concepciones sobre la NOS y habilidades para la aplicación del conocimiento científico en profesores en formación inicial. (2) Determinar si el módulo tuvo efectos en las habilidades científicas y concepciones sobre la NOS de los sujetos de investigación. (3) Analizar la implementación del módulo de experimentación en colegios públicos de educación secundaria, por parte de profesores en formación inicial del Bachillerato en Enseñanza de las Ciencias Naturales.

Estos objetivos se alcanzaron por medio de la aplicación de un pre-test y post-test para medir el rendimiento en el uso de habilidades para la aplicación del conocimiento científico; diseñados y evaluados con base en ítems PISA de conocimiento científico. Además, con la implementación de dos cuestionarios acerca de la NOS. También, por medio de observaciones no participativas estructuradas para analizar la implementación del módulo en colegios públicos del país por parte de los profesores en formación inicial.

El módulo se titula Historias, experimentos, y el océano, y consiste de 4 narrativas y experimentos que incorporan distintos componentes de la NOS; tales como la naturaleza empírica del conocimiento científico, la naturaleza creativa de las ciencias, el feminismo, y el arraigo social y cultural del conocimiento científico. Las narrativas del módulo se titulan ¿Por qué amamos a las ballenas?, Jardines de almejas, ¿Para qué jardines de almejas si se están desintegrando?, De Costa Rica a los extremos.

Las principales conclusiones que surgen a partir de los objetivos, referentes teóricos y análisis de resultados de la investigación, se sintetizan a continuación. Con respecto al desarrollo de habilidades, los profesores en formación inicial tienen mayor facilidad en la evaluación y comprensión de datos y resultados de investigaciones científicas, pero aún requieren fortaleza en el diseño e identificación de temas científicamente investigables. Por otro lado, hay una mejora en la concepción de la naturaleza del conocimiento científico, sin embargo no fue de acuerdo al nivel que se esperaba. El constructo de NOS parece requerir más de dos cursos para poder desarrollarse correctamente. Seguidamente, la implementación del módulo promovió una incorporación contextualizada de la naturaleza del conocimiento científico y la conexión con conocimientos previos de los estudiantes. Sin embargo, no se logró el uso del discurso narrativo

más recomendado, el storytelling. Al respecto se puede decir que los sujetos no han sido formados para emplear un discurso pedagógico narrativo.

Entre las recomendaciones más importantes que surgen de esta investigación, se recomienda la incorporación del aprendizaje por proyectos y la realización de pequeñas investigaciones científicas en los cursos de ciencias (física, química, biología, geología). Esto promovería el desarrollo de habilidades como el reconocimiento y diseño de investigaciones científicas. También, se recomienda incluir en el proceso formativo de la carrera las diferentes formas de discurso pedagógico, no solamente el discurso informativo. Por último, se sugiere incorporar la enseñanza de la NOS de forma transversal en todo el currículo de Enseñanza de las Ciencias Naturales; tanto en cursos de ciencias como en cursos de formación docente.

Capítulo 1

Introducción

La presente investigación consiste en el diseño, implementación y evaluación de un módulo de experimentación basado en la naturaleza de las ciencias y presentado con discurso narrativo. La validación del módulo se realizó con estudiantes de Bachillerato en Enseñanza de las Ciencias Naturales de la Universidad de Costa Rica. Se pretende que la propuesta didáctica diseñada logre fortalecer habilidades científicas.

El primer capítulo está dividido en cuatro secciones: antecedentes, justificación, problemática y objetivos.

En los antecedentes se estudian investigaciones acerca de la implementación de la experimentación, el discurso narrativo, y elementos de la naturaleza de las ciencias (NOS, por sus siglas en inglés) en los procesos de educación científica. Además, se discute la importancia de la formación docente a la hora de implementar este tipo de estrategias.

La justificación explica la importancia del desarrollo de habilidades científicas. Además, describe cómo el uso de estrategias didácticas empíricas mediadas por un discurso pedagógico narrativo tienen efectos positivos en el aprendizaje de las ciencias naturales.

En el problema se enumeran los retos y deficiencias que enfrenta el país en la enseñanza de las ciencias naturales y cómo esta investigación podría ser un aporte que permita realizar acciones y tomar decisiones en relación con esos retos.

Finalmente, se ilustran el objetivo general y los objetivos específicos que guiaron la presente investigación.

1. Antecedentes

Actualmente, se exige que el sistema educativo responda a los nuevos retos y necesidades del siglo XXI. El desarrollo científico y tecnológico acelerado ha implicado cambios en los sistemas de producción, hacia una economía de la información y comunicaciones (Griffin et. al, 2012). Esto implica cambios en las formas de vida, la relación con la naturaleza, y el manejo de la tecnología. “Existe una creciente demanda en la aplicación de conceptos científicos y la formación de una fuerza laboral altamente calificada en las áreas de ciencias y tecnología” (Vargas-Barrantes, 2012, p. 123). Estos cambios implican reflexionar en relación con los fines del sistema educativo. Al respecto, las políticas mundiales señalan la necesidad de promover la

alfabetización científica y el desarrollo de habilidades como la resolución de problemas, el trabajo colaborativo y el aprendizaje a través de la red digital (Griffin et al., 2012).

Con el objetivo de conocer tendencias de educación científica que respondan a los retos de la sociedad actual, se revisaron una variedad de artículos científicos con propuestas de diseño, implementación y evaluación de nuevas estrategias didácticas bajo modelos pedagógicos alternativos. Específicamente, la revisión se focalizó en el análisis de propuestas que utilicen el discurso narrativo y la experimentación para promover la alfabetización científica y el desarrollo de habilidades para el siglo XXI, ya que este es el propósito del módulo diseñado en esta investigación.

A continuación se exponen los artículos de investigación consultados en el siguiente orden: en primer lugar se presentan artículos que evidencian el potencial de la experimentación y la narrativa como estrategias didácticas en la enseñanza de las ciencias. En segundo lugar, se analiza la importancia de la formación docente en la implementación de este tipo de estrategias didácticas. Al respecto, se incluye un sub-apartado en el que se estudian las concepciones epistemológicas de los docentes y cómo estas afectan su práctica educativa. Finalmente, se analizan artículos que refieren al constructo NOS y su incorporación en la práctica educativa.

1.1. Uso de la experimentación y la narrativa

Desde estudios que refieren a aspectos cognitivos se ha demostrado que la narrativa es una experiencia enriquecedora, compatible con la forma en la que el ser humano almacena y procesa la información (Adúriz-Bravo et al., 2016). Al respecto, Chapela (2014) realizó un análisis documental con el propósito de mostrar que la narrativa, específicamente de ciencia ficción, ha sido y puede ser utilizada en la enseñanza de las ciencias. La investigadora se basó en la teoría de la narrativa de Bruner (1986) y concluye que “la narrativa puede utilizarse como herramienta para emocionar a los alumnos; para ilustrar conceptos abstractos o para discutir concepciones científicas erróneas y la misma imagen del científico” (Chapela, 2014, p.5).

Por otra parte, Negrete et al. (2010), Ekici et al. (2015), y González et al. (2017) llevaron el uso de la narrativa a la práctica educativa. A pesar de que sus investigaciones se desarrollaran con métodos distintos en diferentes partes del mundo; Pruebas RIRC en México, cuasi-

experimento en Turquía, e investigación acción en Colombia (respectivamente); sus resultados fueron similares. Los y las estudiantes expuestos a discursos narrativos en ciencias desarrollan habilidades, como la predicción, clasificación, pensamiento crítico y solución de problemas.

Tradicionalmente los libros de texto emplean discurso informativo, con una explicación de ciencia concluida, que no se construye, y que es ahistórica, plana, sin textura y sin implicaciones con lo humano. Los textos narrativos, contrarios al libro de texto tradicional, presentan una idea de ciencia cambiante, con historia y humana, lo que permite una visión más realista y cercana a la ciencia que contribuye en la formación de personas científicamente alfabetizadas (Bruner, 1999).

Similarmente, los grupos focales desarrollados en la investigación de Gonzáles et al. (2017) evidenciaron que los y las estudiantes en clases de ciencias sienten entusiasmo tanto por trabajar con el discurso narrativo, como por llevar a cabo experimentos. Por ejemplo, investigaciones como las de Fencl (2010) e Irwanto et al. (2019), explican cómo el uso de actividades prácticas (*hands-on*) promueven el gusto por la ciencia, lo que podría propiciar procesos de alfabetización científica más efectivos. Irwanto et al. (2019) implementaron un diseño metodológico cuasi-experimental que se desarrolló con estudiantes universitarios. Los resultados indican que los grupos que realizaron trabajo experimental desarrollaron habilidades procedimentales y de razonamiento científico, especialmente pensamiento crítico. Además, mostraron mayor facilidad al establecer un vínculo entre el contenido visto en clases y situaciones de la vida real. Al respecto, los y las estudiantes en la investigación de Fencl et al. (2010), alcanzaron mayores niveles de análisis de artículos periodísticos relacionados con la ciencia, después de trabajar con experimentos.

También, Sripongwiwat et al. (2016) llevaron a cabo un diseño cuasi-experimental con estudiantes de undécimo año para evaluar el efecto de un modelo de enseñanza basado en el constructivismo y la neuro-cognición como teorías del aprendizaje. Los pilares de su propuesta fueron: el estudiante como constructor del conocimiento, el uso de la tecnología y actividades prácticas para construir el conocimiento, y el aprendizaje agradable y multisensorial. Se concluyó que el modelo de enseñanza desarrollado promovió a mayor escala el aprendizaje; tanto de contenidos, como de procesos, actitudes y habilidades científicas.

También hay casos como los de Murmann et al. (2014), que integran el discurso narrativo con actividades *hands-on* en la enseñanza de las ciencias. Su investigación se desarrolló como un estudio de caso en educación primaria; con grupos focales y observaciones a estudiantes y entrevistas a sus docentes. Específicamente, ellos estudiaron los efectos de la implementación de una secuencia didáctica basada en historias ficticias y actividades *hands-on*, desarrolladas en el aula y en un museo. Los resultados obtenidos fueron similares a los de las investigaciones mencionadas anteriormente, pero además, concluyen que la filosofía personal de cada docente es un factor determinante en la implementación de este tipo de estrategias alternativas.

1.1.1. Importancia de la formación del docente en la implementación de estrategias

didácticas innovadoras

Siguiendo con el uso de la narración como discurso pedagógico, las investigaciones también señalan que las formas en que el docente emplee el discurso narrativo en la práctica educativa influyen de manera distinta en el aprendizaje de sus estudiantes. Al respecto, Murman et al. (2014) estudiaron el uso del discurso narrativo para la enseñanza de las ciencias y concluyeron que, a pesar de utilizar las mismas historias, algunos grupos obtuvieron mejores resultados que otros. Los investigadores analizaron las diferencias entre los grupos y notaron que los docentes hacían distintos usos del texto narrativo en la secuencia didáctica. Algunos docentes lo utilizaban como una actividad complementaria y de menor importancia; simplemente para introducir el tema y posteriormente lo dejaban de lado. Otros docentes lo integraban más a las lecciones; le daban un papel protagónico y lo utilizaban para motivar a los y las estudiantes. Mientras, que el tercer grupo de docentes logró que sus estudiantes se sumergieran en la historia y fueran parte de la misma. Este último grupo fue el que obtuvo mejores resultados. En general, se evidencia que la formación del docente y sus propias habilidades comunicativas también tienen un papel importante en el desarrollo de habilidades en sus estudiantes.

Además del discurso narrativo, el uso de la experimentación también se ve afectado por la formación, el contexto y el estilo de cada docente. Por ejemplo, Akarsu (2010) estudió la perspectiva de estudiantes de enseñanza de las ciencias en una universidad de Turquía con

respecto al uso de demostraciones y actividades *hands-on* en las clases de ciencias. Sus cuestionarios y entrevistas mostraron que los futuros docentes tenían deficiencias a la hora de proponer este tipo de actividades en la enseñanza de la biología. Por el contrario, tienen mayor facilidad al proponerlas en la enseñanza de la química. Para física, prefieren solo llevar a cabo demostraciones, porque consideran que se necesita un mayor bagaje teórico y habilidades de pensamiento de mayor orden para diseñar experimentos en esta materia. Estas concepciones y prácticas se deben, en gran parte, a la formación académica que recibieron estos estudiantes de educación. Además, las posturas epistemológicas de los docentes influyen en sus prácticas educativas.

1.1.1.1 Concepciones epistemológicas del docente

Las concepciones epistemológicas del profesorado influyen en su práctica docente, y a su vez, estas se ven influenciadas por la formación de cada docente. Barnes et al.(2015) utilizaron la metodología Q para estudiar las concepciones epistemológicas de un grupo de docentes a la luz de su formación en la NOS. Ellas clasificaron a los docentes en tres categorías según cómo organizaron enunciados referentes a la NOS en un cuestionario; las categorías identificadas fueron: “Mis creencias”, “Probado y Verdadero” y “Un mundo cambiante”.

La primera, se caracteriza por tener un conocimiento científico limitado que se complementa con creencias religiosas. La segunda, es una fiel defensora del método científico. Los docentes de esta clasificación creen que cualquier investigación científica que siga los pasos de este método van a producir resultados precisos y describir la realidad absoluta. Mientras, que los de la tercera categoría se caracterizan por haber recibido formación en la NOS. Estos docentes tienen la noción de que el conocimiento científico es tentativo, pero duradero cuando se apoya en evidencia. Además, explican que no existe un solo método preciso ni la verdad absoluta en la ciencia. También, describen al conocimiento científico a la luz de su contexto político, socioeconómico, cultural y filosófico. Barnes et al. (2015) concluyen que cada tipo de profesor afecta la formación y el aprendizaje del estudiante, debido a la noción de ciencia que representan en la práctica educativa.

1.1.2 Importancia de la NOS en la implementación de estrategias didácticas

En Costa Rica, Godínez-Sandí et al. (2018), integraron la narrativa y la experimentación para enseñar conceptos básicos de física a estudiantes de sexto grado. Ellos diseñaron un taller de cuatro sesiones, en el que integraban la novela *El Principito* y demostraciones experimentales, para enseñar acerca de las propiedades de la luz y conceptos básicos de astronomía. Sus resultados evidencian un aumento de interés y conocimiento en las ciencias por parte de los y las estudiantes. Sin embargo, su metodología no incorpora elementos de la NOS. En este caso, la obra *El Principito* se utilizó como una metáfora, no como una fuente de información histórica o contextual del tema de estudio.

La situación anterior es bastante común en la incorporación de la narrativa en la enseñanza de las ciencias. Izquierdo et al. (2011) y Froese-Klassen (2014) analizaron la retórica de diferentes textos para determinar si realmente son narrativas científicas. Obtuvieron como resultado que muchos de los textos logran relacionar la narrativa con modelos científicos, pero se refieren solamente a los hechos, sin tomar en cuenta la NOS; mostrando un formato tradicionalista y normativo.

Similarmente, Froese (2014) diseñó una herramienta para determinar si un texto para la enseñanza de las ciencias es realmente una historia narrativa. Después de evaluar una variedad de textos, descubrió que la mayoría tiene una de dos debilidades: o se da mucho énfasis en fechas y nombres, siendo más una biografía que una narrativa; o se va al otro extremo, con un texto de mucha ficción, que puede formar pensamientos ahistóricos y concepciones *naïve* de la ciencia.

A pesar de ser difícil, es posible escribir o encontrar narrativas científicas que incluyan la NOS. Como es el caso de Revel Chion et al. (2013) en Argentina con estudiantes de 11mo, y Arya et al. (2012) en Rusia con estudiantes de 7mo y 8vo, que lograron presentar textos narrativos con componentes históricos, psicológicos, políticos, económicos y filosóficos para enseñar sobre enfermedades, y óptica y radiación (respectivamente). Estos investigadores lograron mostrar una ciencia dinámica, promoviendo en el estudiante la consideración de que la ciencia es producto de la racionalidad humana, condicionado por la cultura y los recursos a su disposición (Izquierdo et al., 2016).

Al respecto, se pueden mencionar proyectos como los de George et al. (2010), que desarrollaron un curso basado en prácticas de laboratorio para la alfabetización científica sobre el cambio climático global con énfasis en el feminismo como teoría de investigación. Ellas lograron integrar la experimentación, la narrativa, la NOS y contenidos científicos en un solo curso. Utilizaron encuestas al inicio y al final del curso, compararon los resultados de las pruebas escritas realizadas por los y las estudiantes y estudiaron su trabajo en clase para evaluar la utilidad del curso. Concluyeron que sus estudiantes evidenciaron un aumento en el conocimiento del calentamiento global. Además, los laboratorios contribuyeron a aumentar su confianza en la indagación científica. Finalmente, su comprensión del análisis feminista de la ciencia incrementó conforme se presentaban casos de mujeres científicas y sus contextos socio-históricos.

En síntesis, el apartado de antecedentes permitió recopilar artículos procedentes de Latinoamérica, Estados Unidos, Europa y Asia. No obstante, en la revisión solamente se ubicó una investigación en Costa Rica que integra la narrativa y la experimentación. Esta revisión permitió evidenciar que tanto el uso de la narrativa, como la experimentación en la enseñanza de las ciencias naturales son temas que se estudian activamente en diferentes partes del mundo.

Además, estas propuestas evidenciaron aspectos positivos tales como motivación del estudiante, el desarrollo de habilidades para el siglo XXI y mejoras en el logro académico. Así como el facilitar espacios para la discusión sobre la NOS y la ilustración de conceptos abstractos.

Finalmente, también se dejó en evidencia la necesidad de investigar estos temas en Costa Rica, y la posibilidad de integrar la narrativa y la experimentación para el mejoramiento de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales en niveles de Educación General Básica y Diversificada.

2. Justificación

La educación científica tiene gran importancia a nivel mundial por las cualidades que la caracterizan. Es un cuerpo de conocimiento aceptado que conduce al desarrollo de procesos para seguir construyendo este tipo de conocimiento. Por ejemplo, involucra a los y las estudiantes en procesos científicos tales como la argumentación, el modelado y la investigación. Lo anterior

aumenta la competencia científica y promueve el desarrollo de habilidades para la denominada sociedad del conocimiento, como lo son desarrollar y presentar argumentos basados en evidencia empírica y cuestionar con fundamentación apropiada los argumentos de otros. También permite desarrollar habilidades complejas de comunicación, resolución de problemas, autogestión y pensamiento sistémico (Hilton, 2010).

En el 2015 el Ministerio de Educación Pública de Costa Rica diseñó la *Fundamentación Pedagógica de la Transformación Curricular* (2015) con base en distintos documentos, entre ellos, el escrito de Griffin et al. (2012), *Assessment and Teaching of 21st Century Skills* (Evaluación y enseñanza de habilidades del siglo 21) y *Educación para la Ciudadanía Mundial* de la UNESCO (2016). En el primer escrito se especifican las formas de pensar que deben desarrollar los y las estudiantes en tres categorías: Creatividad e innovación; Pensamiento crítico, resolución de problemas y toma de decisiones; y Aprender a aprender y metacognición. En el 2016, se estableció una política educativa nacional con nuevos programas de estudio y principios, entre sus objetivos se plantea “fortalecer el desarrollo del pensamiento científico, a partir de la indagación, la investigación y la experimentación.” (Mora-Escalante, 2016, p. 13). Asimismo, su proceso educativo se plantea desde el desarrollo de cada persona a partir de cuatro dimensiones: Nuevas maneras de pensar, Formas de vivir el mundo, Formas de relacionarse con otras personas y Herramientas para integrarse al mundo (Griffin et al., 2012).

A nivel nacional se ha evidenciado que los y las estudiantes presentan dificultades en el manejo y aplicación del conocimiento científico. En consecuencia, sus resultados son deficientes en pruebas que miden competencias, como lo son las pruebas del Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA). En la competencia científica, Costa Rica tuvo un 48% de estudiantes ubicados por debajo del nivel 2, según la evaluación realizada en el 2018 (Avvisati et al., 2019). Los y las estudiantes de este nivel “son capaces de recurrir a conocimientos del día a día y a conocimientos procedimentales básicos para identificar una explicación científica adecuada, interpretar datos e identificar la cuestión de que se trata en un diseño experimental simple.” (OCDE, 2017, p. 118); esto podría tener repercusiones en la elección de carreras del área de ciencias y tecnología, por consiguiente, tendría efecto sobre el desarrollo del país.

Por tanto, existe la necesidad de tener docentes mejor capacitados que logren despertar en los y las estudiantes interés por las ciencias y que visualicen su utilidad práctica, todo desde un trabajo colaborativo (Griffin et al., 2012), ya que es a partir de la práctica docente que se puede cambiar la práctica educativa. Esto se ha demostrado en sistemas escolares de alto rendimiento que cuentan con personas con mayor capacitación en la profesión docente, lo que ha conducido a mejores resultados en sus estudiantes (Barberet al., 2008). Se considera que uno de los elementos que influye en los bajos rendimientos podría ser que las clases de ciencias se siguen apegando al modelo pedagógico tradicional, que se caracteriza por la priorización del contenido y el uso del discurso informativo. La formación por habilidades en contraposición a la tradicional, puede dar respuesta a las nuevas exigencias de la sociedad (Zúñiga-Meléndez et al., 2013).

Es así como desde la práctica educativa, estrategias didácticas fundamentadas en la narrativa y la experimentación en la enseñanza de las ciencias han demostrado: aumentar la motivación y compromiso del estudiante, promover la comprensión de la NOS y ser afines a la cognición humana. Asimismo, el “efecto narrativo” establece una conexión entre la imaginación y la memoria humana, lo que hace de la narrativa una experiencia cognitivamente enriquecedora (Adúriz-Bravo y Revel Chion, 2016). Esto promueve el desarrollo de habilidades como Creatividad e innovación y Aprender a aprender.

La experimentación, en este caso definida como trabajos prácticos que permiten al estudiante relacionar observaciones y conocimientos previos, y ejecutar operaciones, tiene la capacidad de promover el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la toma de decisiones. Permite que el estudiante interprete, categorice y analice información. Además, que infiera, explique y evalúe sus resultados. Según las investigaciones consultadas, al desarrollar estrategias didácticas que incorporen experimentos con discurso narrativo, se puede promover el desarrollo de habilidades tanto comunicativas como de pensamiento científico, ambas necesarias para la incorporación en la sociedad del siglo XXI.

Actualmente, en Costa Rica, solamente hay un estudio que integre el discurso narrativo con la experimentación científica, *Converging science and literature cultures: learning physics via The Little Prince novella*, de Godínez-Sandí et al. (2018). Sin embargo, se enfoca en la enseñanza primaria y su propósito no es ser incorporado al proceso de formación escolarizado,

sino que es itinerante, con modalidad de taller. Además, a pesar de utilizar un discurso narrativo, no intenta integrar la NOS. En contraste, la presente investigación propone integrar la experimentación con materiales caseros y accesibles, que puedan ser implementados por la mayoría de docentes de ciencias del país; con un discurso narrativo que incluya aspectos de la NOS.

Así, el desarrollo de esta investigación busca fortalecer, desde la academia, las políticas educativas del país, al facilitar oportunidades para la actualización y capacitación docente, incluyendo aspectos teórico-educativos, la inclusión tecnológica y la práctica experimental.

Este estudio propone el diseño, implementación y evaluación de un módulo de experimentación presentado por medio de un discurso narrativo; para estudiantes del Bachillerato en la Enseñanza de las Ciencias de la Escuela de Formación Docente, quienes se ubican en el tercer año de la carrera y que pronto se incorporarán al sistema educativo nacional. Con el propósito de que puedan convertirse en agentes transformadores y multiplicadores de modelos pedagógicos innovadores acordes con las exigencias de la sociedad actual.

3. Problemática

Los y las estudiantes de Costa Rica han evidenciado un bajo rendimiento en pruebas internacionales que evalúan conocimientos y habilidades científicas, como lo son las pruebas PISA y Terce. “Las calificaciones en Costa Rica están debajo del promedio del grupo de países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos” (Bolaños-Vargas, 2019). Esto no significa que el estudiantado no desarrolle habilidades del todo, sino que no adquiere habilidades de nivel superior como la resolución de problemas, comprensión de relaciones de causa-efecto y hacer interpretaciones y predicciones (Programa Estado de la Educación, 2017). Esto afecta más a las mujeres, en las que se disminuye o dificulta la elección de carreras que requieren una base de formación previa en ciencias y matemáticas, como las ingenierías (Programa Estado de la Educación, 2019), que son de gran importancia para el desarrollo del país en el siglo XXI.

Este bajo rendimiento se ha atribuido a varios factores, como: falta de infraestructura, difícil acceso a materiales y equipo, bajo interés en las ciencias, e implementación de prácticas educativas tradicionales. Por ejemplo, “en cuanto a la disponibilidad de laboratorios, solo 37,9% de los centros [públicos] cuenta con uno de informática y menos del 5% de otro tipo (por ejemplo, de ciencias).” (Programa Estado de la Educación, 2017, p. 95). Además, se evidencian problemas en las prácticas educativas de las ciencias naturales que suelen ser tradicionales e informativas, siguiendo un modelo pedagógico tradicional que separa la teoría de la práctica. Es decir, se tiende a dejar de lado el quehacer empírico, que es importante en el desarrollo de habilidades procedimentales y de razonamiento científico. También, se presenta la ciencia como una verdad estática, sin contemplar elementos de la NOS que son esenciales para la alfabetización científica.

No hay duda de que los factores mencionados están directa o indirectamente relacionados con la formación docente. Por ejemplo, un docente con habilidades de creatividad y resolución de problemas puede llevar a cabo experimentos con sus estudiantes a pesar de la falta de equipo e infraestructura. Además, es el docente, con sus concepciones epistemológicas, quien elige cómo presentar la ciencia a los y las estudiantes, y que implementa estrategias que contemplen o no la experimentación y la NOS. Al respecto, los resultados de las pruebas PISA del 2015 “señalan la necesidad de contar con docentes calificados, que logren despertar en los jóvenes el interés por las ciencias y les enseñen su utilidad práctica” (Programa Estado de la Educación, 2017, p. 52).

Por tanto, esta problemática se puede abordar mediante la formación de habilidades en futuros docentes de ciencias, por medio del uso de estrategias didácticas alternativas, afines a la cognición humana y aplicables a la vida cotidiana. De ahí que se propone el diseño, implementación y evaluación de un módulo de experimentación que incorpore el discurso narrativo, tanto para que estudiantes de formación docente desarrollen habilidades científicas, como para que implementen este tipo de estrategias en su futuro quehacer docente.

4. Objetivos

Objetivo General

Elaborar un módulo de experimentación basado en la naturaleza de las ciencias y presentado con discurso narrativo, con profesores en formación inicial del Bachillerato en Enseñanza de las Ciencias Naturales de la Universidad de Costa Rica, que fortalezca habilidades científicas.

Objetivos Específicos

- Identificar concepciones sobre la naturaleza de las ciencias y habilidades para la aplicación del conocimiento científico que tienen los profesores en formación inicial.
- Analizar la implementación del módulo de experimentación en colegios públicos de educación secundaria, por parte de profesores en formación inicial del Bachillerato en Enseñanza de las Ciencias Naturales.
- Determinar si el módulo tuvo efectos en las habilidades científicas y concepciones sobre la naturaleza de las ciencias de los sujetos participantes en el estudio.

Capítulo 2

Marco Teórico

Este capítulo presenta los fundamentos teóricos que dirigieron la investigación. Comienza por describir el constructo NOS y su importancia en las concepciones del docente. Después, conceptualiza la didáctica general y la didáctica de las ciencias naturales. Seguidamente, se explica el cognitivismo como teoría del aprendizaje, desde la perspectiva de Bruner, quien da un papel protagónico al uso de la narrativa. Por último, se describen las habilidades necesarias para el siglo XXI, desde el modelo KSAVE y la Educación para la Ciudadanía Mundial, en esta sección se da énfasis al desarrollo de habilidades en las clases de ciencias por medio de la experimentación.

1. Naturaleza de las Ciencias

Desde el siglo XIX se ha promovido la inclusión de dimensiones históricas y filosóficas en los programas y planes de estudios de ciencias naturales. Los investigadores más antiguos en el área fueron William Whewell, Thomas Huxley y Ernst Mach. En el siglo XX, siguieron otros, como John Dewey, Fredrick Westaway, Joseph Schwab, Leo Klopfer, James Robinson, Jim Rutherford, Gerald Holton, Robert Cohen y Michael Martin. Más recientemente, han destacado investigadores como Derek Hodson, Richard Duschl, Michael Matthews y Norman Lederman (Matthews, 2012).

Actualmente, los Estándares de Ciencias de la Próxima Generación (NGSS, por sus siglas en inglés) establecen contenidos y habilidades para guiar a los docentes en el diseño de experiencias de aprendizaje en el aula que estimulen el interés de los y las estudiantes en las ciencias y que los preparen para la ciudadanía. Para ello se recomienda la integración de lo que se ha denominado NOS en los contenidos científicos de todos los niveles educativos (NGSS Lead States, 2013).

1.1. Concepción de NOS: Visión consenso

Existen desacuerdos entre filósofos, historiadores y docentes de ciencias para definir la NOS, sin embargo, típicamente se refiere a la epistemología y sociología de la ciencia. Estudia la ciencia como una forma de saber, que se desarrolla inmersa en un sistema de valores y creencias

humanas. Los desacuerdos en su definición emergen a la hora de detallar la NOS, no obstante, se ha llegado a la conclusión de que estos detalles son muy abstractos y no tienen consecuencias directas sobre el aprendizaje de los y las estudiantes (Abd-el-Khalick et al., 1998).

Chang et al. (2010) estudiaron el desarrollo de este tema entre 1990-2007 y concluyeron que se ha alcanzado una “visión consenso” de la NOS, también conocida como los “Siete de Lederman”. Esta consiste de siete elementos que guían la enseñanza de la NOS desde pre-escolar hasta la secundaria. Los elementos son: (1) la naturaleza empírica de la ciencia, (2) las teorías y leyes científicas, (3) la naturaleza creativa e imaginativa del conocimiento científico, (4) la naturaleza cargada de teoría del conocimiento científico, (5) el arraigo social y cultural del conocimiento científico, (6) el mito del método científico y (7) la naturaleza provisional del conocimiento científico (Lederman et al., 2002). A continuación se explica cada uno de estos elementos.

(1) “La naturaleza empírica del conocimiento científico” se refiere a la construcción del conocimiento científico por medio de experiencias y observaciones. Sin embargo, también reconoce que no se tiene acceso directo, por medio de los sentidos, a muchos de los fenómenos estudiados por la ciencia. Por tanto, recalca la importancia de hacer una distinción clara entre la observación y la inferencia, para comprender conceptos científicos teóricos e inferenciales.

(2) “Las teorías y leyes científicas”, se refiere a hacer una clara distinción entre leyes y teorías científicas, sin jerarquizarlas y sin creer que una se puede convertir en la otra. Las leyes son descripciones de fenómenos observables, mientras que las teorías son explicaciones inferidas, que usan evidencia indirecta para validarse. Ambos tipos de conocimiento son igualmente legítimos.

(3) “La naturaleza creativa e imaginativa del conocimiento científico” explica que los modelos utilizados en la ciencia no son copias exactas de la realidad, sino que son un producto humano funcional. Por tanto, los científicos elaboran explicaciones y diseñan procesos por medio del uso de habilidades creativas e innovadoras, dándole vida y dinamismo a la ciencia.

(4) “La naturaleza teórica del conocimiento científico”, explica cómo el bagaje teórico de los científicos influencia sus investigaciones. Este consiste en sus compromisos teóricos, creencias, conocimiento previo, experiencias y expectativas.

(5) “Arraigo social y cultural del conocimiento científico” se refiere a la ciencia como una empresa humana, que afecta y se ve afectada por la cultura en la que se desarrolla.

(6) “El mito del método científico” explica que no existe un único método para desarrollar conocimiento científico. Además, explica que seguir una secuencia de pasos no necesariamente da una respuesta única, verdadera e infalible.

(7) “La naturaleza provisional del conocimiento científico” explica que el conocimiento científico no es definitivo, y a pesar de ser confiable es sujeto a cambio (Lederman et al., 2002).

1.2. NOS: Nuevas visiones

Se han desarrollado más investigaciones acerca de la NOS, y la “visión consenso” ha sido criticada y complementada con otros elementos. Algunos critican que no se le da suficiente importancia a los modelos científicos (Grandy et al., 2007). Matthews (2012), sugiere que la NOS incluya más temas además de la epistemología y los métodos científicos, y que se convierta en la FOS (Features of Science, o Características de las ciencias). Él justifica que se deben incluir temas como la experimentación, la idealización, los valores y cuestiones socio-científicas, la matemática, la tecnología, distintas cosmovisiones y religiones, la racionalidad, el feminismo, el realismo y el constructivismo. Similarmente, Allchin (2011) propone incluir aspectos de interés socio-económico en la práctica científica, como el financiamiento de investigaciones, las motivaciones de los científicos, la revisión por pares, sesgos cognitivos, el fraude y la validación de nuevos métodos.

En general, la NOS se ocupa de presentar la ciencia como un proceso y no un producto. Es un componente de suma importancia para la alfabetización científica, porque muestra el lado humano de la ciencia, haciéndola más accesible para todos. Anteriormente, se creía que si los y las estudiantes “hacían ciencia” podían comprender implícitamente la NOS, sin embargo se ha demostrado que esto no es suficiente y que la NOS se debe enseñar de forma explícita y reflexiva. Además, es importante mencionar que las concepciones que tengan los docentes de la NOS se relacionan significativamente con las concepciones que los y las estudiantes van elaborando en su proceso de aprendizaje (Abd-el-Khalick et al., 1998).

Por tanto la didáctica de las ciencias, como disciplina encargada de la enseñanza de las ciencias naturales, se fundamenta epistemológicamente en la NOS.

2. Didáctica

La didáctica general se refiere a cómo enseñar. A diferencia de lo que usualmente se cree, la didáctica no es simplemente un saber técnico, sino que se basa en el uso de conceptos teóricos y operativos con el fin de mejorar la enseñanza. Sus objetos de estudio son los recursos didácticos, las estrategias de enseñanza, la lectura del contexto, el uso del tiempo y del espacio, el discurso pedagógico y los objetivos educativos. Actualmente, la didáctica cuestiona el uso de un solo método de enseñanza y promueve la reflexión docente y el uso de métodos diversos (Zuluaga, et al., 2003).

El estudio de la didáctica es importante porque, como bien lo explican Zuluaga, et al. (2003):

La enseñanza es el espacio que posibilita el pensamiento y el acontecimiento de saber que define múltiples relaciones posibles con el conocimiento, las ciencias, el lenguaje, el aprender, con una ética, y es el momento de materialización y de transformación de los conocimientos en saberes, en virtud de la intermediación de la cultura (p.40).

2.1. Didáctica de las ciencias naturales

La conceptualización de la didáctica de las ciencias ha cambiado a través de la historia y no siempre fue considerada como una disciplina consolidada. Se comenzará con un breve resumen de la historia de la didáctica de las ciencias, desde su etapa adisciplinar hasta su etapa disciplinar consolidada. Estas etapas fueron establecidas por Adúriz-Bravo (2000) y se basan en el desarrollo de la didáctica de las ciencias en Estado Unidos, que coincide en muchos aspectos con la didáctica europea.

(1) La primera es la “etapa adisciplinar”, que se desarrolla desde finales del siglo XIX hasta mediados de los 1950. En esta etapa no se supone la existencia de la didáctica de las ciencias. Simplemente se dan recomendaciones generales acerca de la enseñanza y no se desarrollan marcos conceptuales didácticos.

(2) Seguidamente, la “etapa tecnológica” surge como respuesta a la Guerra Fría, y a la preocupación de Estados Unidos de tener un retraso científico en comparación con la Unión

Soviética. Se extiende desde los 1950-1960. En esta etapa se estudia cuantitativamente la psicología del aprendizaje, sin hacer un énfasis especial en las ciencias. Además, se llama “técnica” porque no estudia el desarrollo del conocimiento, sino se enfoca en la confección de recursos y el diseño de técnicas metodológicas. Actualmente, los países que no producen muchas investigaciones en la didáctica de las ciencias tienden a tener este enfoque.

(3) En la “etapa protodisciplinar”, que se desarrolla en los 1970, comienzan los indicios del establecimiento de la didáctica de las ciencias como una disciplina. Los estudios en este área comienzan a ganar reconocimiento universitario, formulándose como postgrados de ciencias naturales. Además, es en esta etapa que su investigación se comienza a separar de los modelos psicológicos tradicionales de aprendizaje. Asimismo, se caracteriza por varias escuelas aisladas entre sí, compitiendo para establecerse como la base teórica de la didáctica de las ciencias.

(4) Posteriormente, en los 1980, se distingue la “disciplina emergente”, que demanda un análisis más profundo y riguroso de los marcos conceptuales y metodológicos que conducen esta didáctica. Además, las escuelas dejan de ser aisladas y se integran, usando el constructivismo como su base teórica común.

(5) Finalmente, desde la década de los 1990 comienza la “disciplina consolidada”. El estudio de la didáctica de las ciencias se hace enseñable y se reconoce como digno de recibir títulos de postgrado; se logra consolidar como un cuerpo teórico y una comunidad académica, que está en constante investigación alrededor del mundo. Además, su enfoque en el aprendizaje le ha permitido relacionarse con estudios cognitivos, como los que involucran la narrativa.

La conceptualización de la didáctica de las ciencias sigue en debate. Por ejemplo, es descrita por el modelo heterónimo como un campo interdisciplinar que es totalmente dependiente de profesionales en diversas áreas: ciencias naturales, pedagogía y psicología educativa. Contrariamente, el modelo autónomo define la didáctica de las ciencias como un ente independiente; no como una rama de la didáctica general. Esto se debe a que su estudio se origina en investigaciones de naturaleza curricular y se ha basado en la epistemología y psicología más que en la pedagogía (Izquierdo, 1990). A pesar de sus diferencias, ambos modelos concuerdan con que el objeto de estudio de la didáctica de las ciencias es la enseñanza de la disciplina científica.

La enseñanza de las ciencias debe cambiar su enfoque en los contenidos tradicionales, para dar espacio al desarrollo de habilidades científicas. Esto permite que los y las estudiantes busquen soluciones a problemas de la vida cotidiana, que piensen de forma crítica y que incurran en cursar carreras relacionadas con las ciencias. Además, la NOS es un pilar de la didáctica de las ciencias, que le da vida, contexto e historia a esta materia. Esto permite desarrollar la enseñanza en torno al carácter empírico de la ciencia, que resulta de gran importancia en el aprendizaje de habilidades.

3. Cognitivism

La teoría de aprendizaje cognitivista se origina a principios del siglo XX como respuesta a las limitaciones de su precedente, la teoría conductista. En vez de enfocarse en comportamientos observables, el cognitivism estudia procesos mentales y busca explicar cómo los individuos integran y procesan la información. Los principales investigadores de esta teoría son Edward Chase Tolman (quien se cree fue el pionero en el área), Jean Piaget, Lev Vygotsky y Jerome Bruner. En la segunda mitad del siglo XX estos y otros investigadores estudiaron procesos como la memoria, la atención, la construcción de conceptos y el procesamiento de la información en un marco cognitivo (Yilmaz, 2011).

El cognitivism describe al aprendizaje como un curso activo en el que la información se incorpora a estructuras cognitivas humanas preexistentes para ser procesada y guardada. Por tanto, sus investigaciones se enfocan en estudiar situaciones de aprendizaje afines a la cognición humana. Según los principios de esta teoría, la enseñanza basada en el cognitivism debe presentar situaciones auténticas y reales, que fomenten la exploración espontánea por parte del estudiantado. Además, la enseñanza se debe adecuar al contexto y necesidades de los y las estudiantes para que la información se incorpore más fácilmente a su estructura mental (Yilmaz, 2011).

Thagard (2008) describe el cognitivism desde el modelo computacional-representacional de la mente, que estudia el conocimiento como una representación mental, constituida por reglas, conceptos, imágenes y analogías; que se utilizan para generar pensamientos por medio de procesos mentales. Este modelo cuenta con los siguientes objetos de estudio: lógica, reglas, conceptos, analogías, imágenes y conexiones. Cada uno de estos se relaciona con el aprendizaje.

Por ejemplo, la lógica y las reglas permiten hacer generalizaciones inductivas con cierto grado de incertidumbre; así, el estudiante aprende de sus experiencias. Similarmente, los conceptos se forman con base en ejemplos o combinaciones de conceptos previos. Asimismo, las analogías permiten adaptar conocimientos previos para solucionar problemas nuevos. Además, las imágenes permiten hacer generalizaciones e inferencias abductivas, que comienzan con una observación y posteriormente buscan posibles explicaciones. Por último, el estudio de las conexiones describe dos formas en las que se puede dar el aprendizaje: agregando nuevas unidades de conocimiento y cambiando las conexiones entre los conocimientos previos.

Otros investigadores, como Jerome Bruner, han criticado la concepción de la mente como una computadora y han optado por una representación más narrativa del aprendizaje, en la que el ser humano conduce su cognición como el narrador de su propia historia. Esto hizo que un área del cognitivismo se enfocara más en la antropología, la sociología, las humanidades y la educación (Larison, 2018).

3.1. La narrativa en los procesos cognitivos

Como se mencionó anteriormente, los procedimientos que llevan a cabo las personas para incorporar conocimientos a sus estructuras mentales son numerosos y variados, y uno de ellos es la narrativa. Según Bruner (1999), las personas tienen la capacidad natural para narrar desde el comienzo de su vida, es la forma más temprana en la que organizan su experiencia y conocimiento. Según la ciencia cognitiva, las narrativas se comprenden fácilmente porque, al igual que las experiencias humanas, estas se ordenan con base en el lugar y tiempo en que ocurrieron (Bruner, 2003; Adúriz-Bravo et al., 2016).

La narrativa es el recuento de eventos pasados en el que se hace una secuencia de oraciones unidas por conectores temporales. Se busca que los conectores establezcan una sucesión entre los hechos descritos por las oraciones. Además, tiene una intencionalidad, que usualmente es causar un desequilibrio en el lector u oyente. También, cuenta con dos partes principales: un narrador, que es el sujeto que cuenta la historia, y el objeto, que es la parte contada (Bruner, 1999; Bruner, 2003; Adúriz-Bravo et al., 2016).

El ser humano moldea su experiencia con la narrativa (Bruner, 2003). Como bien lo explicó Sartre (1965), “el hombre es siempre un narrador de historias; vive rodeado de sus historias y de

las ajenas, ve a través de ellas todo lo que le sucede; y trata de vivir su vida como si la contara.” (p. 32). No solamente es un tipo de discurso, sino una forma de pensamiento con la cual se organiza, almacena y entienden las experiencias; esto es lo que Bruner llama “pensamiento narrativo”.

Además, la narrativa es memorable. Al “ser inherentemente secuencial; ... permite – al receptor del relato – aprehender la trama y, al mismo tiempo, entender los distintos componentes puestos en relación con dicha trama. Se hace así comprensible y recordable la idea general.” (Adúriz-Bravo et al., 2016, p. 694). Además, la riqueza de conexiones y puntos de vista integrados en una narrativa causan un efecto positivo en la motivación y memoria del lector.

Finalmente, la narrativa también juega un papel importante en la construcción de nuestra identidad. Todos los días los seres humanos tienen discusiones internas entre los diversos “personajes” de su mente. Esto es definido por Bruner como la “construcción narrativa del Yo”. Él afirma que si el ser humano no tuviera la capacidad de contar historias, no tendría identidad (2003).

Todo lo anterior evidencia que la narrativa es protagonista en los procesos cognitivos del ser humano. Al respecto, Caamaño (2012) resume su importancia y unicidad en la siguiente frase:

El hecho de ser una capacidad tanto individual como universal la constituye en algo muy peculiar puesto que en los humanos parece haber pocas capacidades que tengan estas características. Sólo esta razón debería servir para convertirla en un constante foco de interés para la educación (p. 3-4).

3.1.1. La narrativa en la didáctica de las ciencias

Bruner (1986, 1990, 1996) explica dos modos de pensamiento, o dos vías para organizar experiencias: el modo paradigmático-argumentativo y el modo sintagmático-narrativo. El primero es matemático, formal y se relaciona con el pensamiento lógico. Se basa en categorizar y conceptualizar para sistematizar el conocimiento. Además, no se limita a fenómenos observables, sino que busca, por medio de la lógica, alcanzar niveles altos de abstracción. Mientras que el modo sintagmático-narrativo, se relaciona más con el sentido común, y agrupa acontecimientos con base en su espacio y tiempo, es decir, su contexto. Este modo busca que, por medio de la interacción contextualizada entre sujetos, se construyan significados que puedan ser narrados. A

través de la historia se ha creído que el modo paradigmático es superior al narrativo y debe sustituirlo conforme se madura cognitivamente. Esto explica la tendencia del sistema educativo a dejar de lado la narrativa en sus niveles superiores.

Al respecto, se explica que los dos modos son igualmente válidos para que el humano organice sus experiencias. El paradigmático convence por su objetividad y “verdad”, mientras que el narrativo por tomar en cuenta el contexto y por su verosimilitud con la vida (Adúriz-Bravo et al., 2016). Por eso no podemos asumir que la enseñanza de las ciencias se debe limitar a una exposición de datos crudos y objetivos, sino que también puede ser beneficiada por la inclusión de la narrativa.

Así, se puede iniciar por describir cómo se asimilan la ciencia y la narrativa. Al igual que la narrativa, la ciencia es producto de narradores (científicos) y sus puntos de vista; se diferencian en el tipo de lenguaje que utilizan, pero ambos son producto de un contexto. De hecho, el proceso de creación de la ciencia es narrativo; consiste en hilar hipótesis sobre la naturaleza, comprobarlas, corregirlas y utilizarlas para aclarar ideas. En ruta hacia la producción de hipótesis comprobables, se juega con ideas y se encuentran formas claras de rompecabezas que se aplican a problemáticas intratables para que se conviertan en problemas solubles (Bruner, 1999).

Desde los comienzos de la ciencia, los científicos se basaban en la narrativa para compartir sus hallazgos. Ellos utilizan mitos y metáforas para que su conocimiento sea comprendido por todo público. De hecho, Niels Bohr, quien explicó la estructura del átomo y la complementariedad física, cuenta que para él fue fácil desarrollar el aspecto matemático de sus hallazgos, pero lo que más tiempo le llevó fue darles una narración conveniente.

La narrativa es especialmente útil para explicar conceptos abstractos, como los que propuso Niels Bohr. El aprendizaje en la niñez usualmente mantiene cierta velocidad y alcance, pero cuando se acerca a niveles de abstracción se reduce o constriñe. Esto resulta ser un reto para el docente de ciencias porque no toda la ciencia es observable y muchos de los contenidos que se enseñan son modelos especulativos. Por eso la narrativa resulta útil, ya que para el estudiante es un género discursivo conocido y por tanto, fácil de comprender. Así un dominio de “bajo nivel”, como lo es la narrativa, se utiliza para empoderar y dar precisión a un contenido abstracto, de “alto nivel” (Norris et al., 2005).

Además, el formato narrativo sirve para introducir contenidos difíciles porque los contextualiza y promueve el aprendizaje significativo. Kitcher afirma que el valor de una

explicación radica en la capacidad que tiene de incorporarse económicamente a la estructura del conocimiento previo de la persona. Hay mayor comprensión a medida que se disminuye la incorporación de contenidos en bruto, o contenidos que no se logran conectar con aprendizajes previos. La narrativa ayuda a aumentar las conexiones entre ideas y habilita una mayor organización de los contenidos, lo que promueve el aprendizaje significativo (como se citó en Adúriz-Bravo et al., 2016).

En general, se pueden mencionar muchos beneficios que trae la narrativa a la enseñanza de las ciencias. Primero promueve la retención de aprendizajes. Segundo, favorece la aplicación de lo aprendido en situaciones de la vida cotidiana. Tercero, aumenta la motivación y compromiso de los y las estudiantes con la ciencia y cuarto, da origen a una construcción más realista de la ciencia, ubicándola en un contexto social (Prins et al., 2017).

Además, no se debe dejar de lado la intencionalidad pedagógica de la enseñanza de las ciencias; no hay una forma específica en la que se deba incluir la narrativa en el aula. Cada docente, con base en el conocimiento que tiene de su grupo y del contenido, tiene la capacidad de decidir. Caamaño (2012) describe esto como una “sinfonía” única e irrepetible para cada grupo e individuo. Los docentes pueden usar relatos de forma natural y espontánea. Lo importante es que se logre explicar la mayor cantidad de contenidos, siempre y cuándo sea de forma simple y elegante (Bruner, 1999). Por tanto, es importante que los docentes reciban una buena formación en el uso de este tipo de recursos.

Finalmente, la historia es parte esencial en la formación de la cultura científica. Lo que es acorde con los fundamentos de la Didáctica de las Ciencias, que incorpora la Historia, la Filosofía y la Naturaleza de la Ciencia como elementos esenciales en el proceso de enseñanza y aprendizaje (Navarro-Camacho, 2018). Se concluye que estas construcciones teóricas son importantes para la investigación, pues constituyen la base que sustenta el diseño e implementación de estrategias didácticas innovadoras para el mejorar las prácticas educativas, y por ende el aprendizaje de las ciencias.

4. Habilidades para el Siglo XXI

El Ministerio de Educación Pública de Costa Rica aprobó la *Fundamentación Pedagógica de la Transformación Curricular* en el 2016, para justificar los nuevos programas y proyectos curriculares del país. Una de las bases de este documento es el libro *Assessment and Teaching of*

21st Century Skills (Griffin et al., 2012), cuyo propósito es proporcionar una estructura para que la comunidad internacional pueda compartir el conocimiento existente y crear soluciones efectivas para abordar obstáculos asociados con el desarrollo de habilidades necesarias para el siglo XXI. Una habilidad se define como la capacidad aprendida que se utiliza para enfrentar situaciones problemáticas de la vida real. Consiste en tres fases: apropiación de conocimientos, dinámica de su actividad práctica y comunicación verbal (Velázquez-Ávila y Santiesteban Naranjo, 2018).

Históricamente, la educación ha respondido a las diferentes exigencias y necesidades de la sociedad. En el hemisferio oeste, la educación tomó un giro, alejándose del ámbito agrario hacia el industrial, y más recientemente ha avanzado hacia la economía de la información y comunicaciones. A medida que las economías mundiales se mueven en esta dirección, las demandas de enseñar nuevas habilidades requieren de una transformación educativa. Esto ha exigido el desarrollo de mayor alfabetización digital y de nuevas formas de pensar. Actualmente, los ambientes laborales dependen fuertemente de la tecnología, la resolución de problemas y el trabajo en equipo interdisciplinario (Griffin et al., 2012).

En relación con lo anterior, se han determinado dos habilidades generales a desarrollar en la educación, que contemplan las nuevas necesidades de la sociedad: Resolución colaborativa de problemas y Aprendizaje a través de la red digital. Estas se subdividen en habilidades más específicas, de índole social y cognitivo. Actualmente, los procesos para adquirir estas habilidades se están trabajando con estudiantes y docentes en Finlandia, Singapur, Australia, Estados Unidos, y más recientemente en los Países Bajos y Costa Rica (Griffin et al., 2012).

4.1. Modelo KSAVE

El modelo KSAVE (Conocimientos; Habilidades; y Actitudes, valores y ética; por sus siglas en inglés) recopila la información de 16 marcos de habilidades para el siglo XXI de distintas regiones del mundo, y las estructura en diez habilidades específicas. A su vez, el modelo se divide en cuatro áreas: Maneras de pensar, Maneras de trabajar, Herramientas para trabajar y Maneras de vivir en el mundo (Binkley et al., 2012).

Maneras de pensar

En “Maneras de pensar” se encuentran tres habilidades: Creatividad e innovación; Pensamiento crítico, resolución de problemas y toma de decisiones; y Aprender a aprender y metacognición. Estas deben desarrollarse en las tres áreas del modelo KSAVE.

Primero, se explica que para desarrollar la Creatividad e innovación, los docentes deben diseñar un espacio social en el que los y las estudiantes se sientan lo suficientemente seguros como para considerar diferentes ideas y tomar riesgos. El uso de TIC también ha demostrado promover el desarrollo de estas habilidades (Binkley et al., 2012).

Un estudiante que haya desarrollado Creatividad e innovación desde el área del Conocimiento (K) debe conocer una gran variedad de herramientas para crear ideas. Además, debe estar consciente de inventos e innovaciones de la historia y del contexto en el que se desarrollaron. Mientras que, desde el área de Habilidades (S), se espera que el estudiante tenga la capacidad de crear, refinar, analizar y evaluar ideas propias y ajenas. Además, debe implementar sus creaciones, medir su impacto y determinar si pueden ser utilizadas por otros. Finalmente, desde el área de Actitudes, valores y ética (AVE), se promueve que el estudiante tenga la mente abierta a nuevas ideas, que incorpore críticas constructivas a sus proyectos y que perciba el fallo como una oportunidad para aprender (Binkley et al., 2012).

Segundo, con respecto al Pensamiento crítico, resolución de problemas y toma de decisiones, desde el área del K, se promueve el desarrollo del razonamiento, pensamiento sistémico y evaluación de evidencia. El estudiante también debe identificar vacíos en su propio conocimiento y hacer preguntas significativas para llenar esos vacíos. Por otro lado, desde el área de S, el estudiante debe utilizar distintos tipos de razonamiento (deductivo, inductivo...) según lo amerita cada situación. En este área también es importante interpretar y categorizar información; analizar y hacer conexiones entre argumentos; inferir, explicar y evaluar sus resultados; y auto corregirse. Finalmente, desde el área de AVE se promueve la mentalidad abierta, la reflexión crítica, la flexibilidad y la honestidad. (Binkley et al., 2012).

Por último, Aprender a aprender y metacognición, se refiere a que el estudiante debe conocerse a sí mismo y conocer los métodos de aprendizaje que más le beneficien. Asimismo, se forma al estudiante para que adquiera conocimiento de diferentes oportunidades de aprendizaje a su disposición y de cómo estas pueden llevar a cursar distintas carreras. Con respecto al área de S, la autogestión del aprendizaje es sumamente importante. El estudiante debe tener autonomía,

disciplina y perseverancia. Finalmente, con respecto al ámbito de AVE, el estudiante debe tener la disposición de desarrollar más competencias, y debe estar motivado y confiado de sus capacidades (Binkley et al., 2012).

Maneras de trabajar

Por otro lado, en la clasificación de “Formas de trabajar” se encuentran dos habilidades: Comunicación y Colaboración y trabajo en equipo. Con el movimiento hacia la globalización, las habilidades de comunicación y colaboración deben perfeccionarse; se requiere que la comunicación sea rápida y concisa, y la colaboración debe ser consciente de las diferencias culturales (Binkley et al., 2012).

Herramientas para trabajar

El área de “Herramientas para trabajar” es la clasificación más reciente de habilidades necesarias para este siglo. Se relaciona con el uso de computadoras personales, el internet, sitios de alojamiento de archivos donde pueden interactuar varios colaboradores y con la capacidad de no solo descargar, sino también subir información a la web (Friedman, 2007). Las habilidades que la componen son Alfabetización informacional, que se refiere al manejo correcto de fuentes de información, y Alfabetización TIC. Esta última se divide en diez categorías: básico, descarga, búsqueda, navegación, clasificación, integración, evaluación, comunicación, cooperación y creación (International ICT Literacy Panel, 2002).

Maneras de vivir en el mundo

Por último, la clasificación “Viviendo en el mundo” incluye las habilidades: Vida y carrera; Responsabilidad personal y social; y Ciudadanía global y local. La movilidad laboral acelerada demanda el desarrollo de las habilidades mencionadas anteriormente, en especial la de Ciudadanía global y local. El estudiante debe aprender a vivir no solo en su comunidad o país, sino en todo el mundo.

4.2. Educación para la Ciudadanía Mundial

Con respecto a la Educación para la Ciudadanía Mundial (ECM), es un indicador de los Objetivos para el Desarrollo Sostenible de la UNESCO, más específicamente del objetivo 4: “Garantizar una educación inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos” (UNESCO, 2015, p. 20). La ECM se encuentra en el indicador 4.7, que establece que

De aquí a 2030, [se debe] asegurar que todos los alumnos adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible, entre otras cosas mediante la educación para el desarrollo sostenible y los estilos de vida sostenibles, los derechos humanos, la igualdad de género, la promoción de una cultura de paz y no violencia, la ciudadanía mundial y la valoración de la diversidad cultural y la contribución de la cultura al desarrollo sostenible. (UNESCO, 2015, p.21).

Su premisa se basa en reconocer la importancia de la educación para solucionar problemas mundiales en sus distintas dimensiones. La ECM reconoce que más que brindar conocimientos, la educación puede promover el desarrollo de habilidades sociales que promuevan la cooperación entre naciones y la transformación social. (UNESCO, 2016).

Esto se logra por medio del desarrollo de una “identidad colectiva” que vaya más allá de diferencias socioculturales. También, es importante que el estudiante se mantenga informado de problemas mundiales actuales, y que desarrolle pensamiento crítico, creativo y sistémico para solucionar estos problemas. Además de habilidades cognoscitivas, el estudiante debe desarrollar empatía, comunicación asertiva y respeto por otras culturas.

La ECM se tiende a vincular casi exclusivamente con la Educación Cívica, sin embargo, se debe abordar desde otras materias; en este caso, desde la educación científica, dado que todo proceso educativo debe ser formativo, es decir refiere a la experiencia que no sólo pasa, sino que forma y transforma buscando el bienestar de cada sujeto y de la sociedad en su conjunto (Navarro-Camacho, 2019).

4.3 Desarrollo de Habilidades para el Siglo XXI en la Enseñanza de las Ciencias Naturales

El objetivo principal de la Enseñanza de las Ciencias Naturales es promover el desarrollo de la alfabetización científica, con el fin de que los y las estudiantes comprendan el conocimiento científico y lo apliquen en la toma de decisiones de su vida cotidiana. Con respecto al desarrollo de habilidades para el siglo XXI, la alfabetización científica es de gran importancia porque permite que los y las estudiantes tomen una posición crítica e informada en distintas cuestiones de índoles socio-científico como puede ser la protección del ambiente, el desarrollo sostenible, la manipulación genética, las formas de experimentación, la producción de fármacos, entre otros (Yeoh, 2017).

El aprendizaje por medio de la experiencia fomenta el desarrollo del pensamiento crítico, sistémico y creativo. También, requiere de la comunicación asertiva de datos, descubrimientos y pensamientos de los y las estudiantes. Asimismo, puede utilizarse para el desarrollo de habilidades colaborativas, en especial cuando se trabaja en prácticas de laboratorio (Yeoh, 2017). Estas habilidades corresponden con las mencionadas anteriormente en el modelo KSAVE y a las de la ECM.

Además, la Enseñanza de las Ciencias Naturales impulsa el desarrollo de valores científicos, como la honestidad al presentar y comunicar datos, la organización a la hora de resolver problemas, el compromiso social con la justicia y armonía ambiental, el uso correcto de los recursos naturales y el respeto por la diversidad. La educación en ciencias para la ciudadanía global debe brindarle a los y las estudiantes la oportunidad de tomar medidas responsables y participativas. También debe permitir que los y las estudiantes reflexionen en cómo las carreras en STEM pueden contribuir a hacer del mundo un mejor lugar (Vesterinen et al., 2016).

Por último, es importante recalcar que los docentes también se deben capacitar y formar en el uso de habilidades. El profesorado debe no solamente tener las habilidades para el siglo XXI, sino también demostrarlas; debe tener la capacidad de diseñar escenarios en los que se utilicen habilidades para la resolución de problemas y promover experiencias que las desarrollen.

4.3.1 Uso de experimentación como estrategia que promueve diversas habilidades

El trabajo práctico comprende una parte esencial de la educación científica. El Consejo de Ciencia y Tecnología del Reino Unido declaró que “estudiar ciencias sin trabajo experimental práctico es como estudiar literatura sin leer libros” (2013, p. 5). A través de la experimentación

científica, se pueden desarrollar habilidades procedimentales simples y procedimentales integradas. En las primeras se llevan a cabo procesos como la observación, la inferencia, tomar medidas y hacer clasificaciones, mientras que las integradas permiten formular hipótesis, diseñar investigaciones, identificar y definir variables, construir tablas y gráficos, interpretar datos y hacer conclusiones (Irwanto et al., 2019).

Sin embargo, no cualquier práctica de laboratorio asegura el desarrollo de este tipo de habilidades. Los métodos convencionales se basan en presentar experimentos tipo “receta”, en los que los y las estudiantes verifican conclusiones predeterminadas y asumen un rol pasivo sin indagación; esto no promueve el desarrollo de habilidades. Por tanto, es necesario diseñar situaciones de experimentación orientadas a los intereses y necesidades del estudiantado, en las que se promueva la indagación y el trabajo colaborativo (Sari et al., 2018), ya que es por medio de este tipo de experimentación que se desarrollan habilidades.

El modelo experimental tradicional consiste en hacer observaciones de un fenómeno, formular una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducir consecuencias y verificar las deducciones comparándolas con la experiencia. Este modelo se ha utilizado por mucho tiempo y se ha establecido en una serie de pasos llamados el método científico. Recientemente, se ha criticado el entendimiento del método científico, como si fuera una receta de pasos que conducen a la verdad. Por tanto, se han buscado otras formas de experimentación para complementar el modelo tradicional (Park et al., 2018).

Por ejemplo, Goethe afirmaba que un experimento por sí mismo no demuestra nada. Él tenía la convicción de que se debía investigar la relación entre fenómenos naturales sin primero establecer una hipótesis. Él llamó este tipo de método “experimentación exploratoria”; una experimentación que no se orienta en teorías específicas, sino que surge por la curiosidad del individuo (Park et al., 2018). Esto permite que la experimentación también contribuya al desarrollo de habilidades como la creatividad y la innovación.

Por tanto, el diseño reflexivo de espacios educativos para la experimentación científica permite promover el desarrollo de habilidades. Así, la resolución de problemas, la indagación, el trabajo colaborativo y el pensamiento crítico pueden ser los protagonistas en las lecciones de ciencias naturales.

A partir de los fundamentos teóricos que se describen en este capítulo se pretende el diseño e implementación de un módulo de experimentación que emplee el género narrativo como discurso

pedagógico con el objetivo de promover habilidades para la formación de ciudadanos conscientes de la NOS y su importancia para la sociedad.

Capítulo 3

Marco Metodológico

En este capítulo, se abordarán el enfoque de investigación, los perfiles de los participantes y la descripción de su contexto. Además, se explicarán estrategias de recolección de datos, instrumentos utilizados, así como su validación. Finalmente, se describirán las rutas de análisis de información y los criterios de confiabilidad de las mismas.

1. Enfoque de investigación: Mixto

Una de las definiciones más tempranas de investigación mixta, fue elaborada por Greene et al. (1989), quienes enfatizaron en la ruptura entre métodos y filosofía. Ellos la describen como una investigación que incluye métodos cuantitativos y cualitativos sin necesidad de que estén vinculados a un paradigma en particular. Más adelante, este enfoque de investigación se definió de forma más integral, incluyendo también metodologías y diseño metodológico.

Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada (metainferencias) y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio. (Hernández-Sampieri et al., 2014, p.534).

Los métodos de investigación se consideran como herramientas, por tanto, un enfoque mixto hace uso de las herramientas que necesite, ya sean cualitativas o cuantitativas; por ejemplo: datos numéricos o textuales, información visual o simbólica y demás (Creswell, 2014).

No todos los problemas de investigación necesitan este tipo de enfoque. En general, los problemas de investigación que requieren de métodos mixtos son aquellos en los que una sola fuente de datos puede ser insuficiente. Creswell et al. (2018) enumeran siete justificaciones específicas para hacer uso de estos métodos, necesidad de: (1) obtener resultados más completos y confiables, (2) completar resultados iniciales, (3) hacer exploración cualitativa inicial para establecer variables, (4) mejorar un estudio experimental con un método cualitativo, (5) describir y comparar para obtener una comprensión más holística, (6) involucrar participantes en el estudio, y (7) desarrollar, implementar y evaluar un programa.

En el caso de esta investigación, los puntos (1), (5) y (6) justifican la utilización un enfoque mixto. Primero, el uso de un enfoque mixto permite explorar información que no es accesible a través desde un solo enfoque; por ejemplo rendimiento en pruebas que miden habilidades (cuantitativo) e implementación del módulo (cualitativo). Segundo, se busca comparar distintos resultados para obtener una evaluación más completa del módulo de experimentación. Tercero, como proceso de triangulación, se presentó el análisis de datos a los sujetos participantes en el estudio para tomar en cuenta sus hallazgos y recomendaciones en la evaluación del módulo.

2. Sujetos y contexto

2.1. Sujetos de investigación

Los sujetos participantes de la investigación son estudiantes en formación docente, que de ahora en adelante se hará referencia a ellos como profesores en formación inicial. Su perfil fue seleccionado con base en requisitos que contribuyen a alcanzar profundidad en el estudio, por lo que se clasifica como una selección de caso-tipo. La unidad de estudio es cada estudiante de forma individual, ya que cada uno implementó una sección del módulo en un contexto educativo específico.

El perfil de los profesores en formación inicial se basó en dos criterios. Primero, ser estudiante de la carrera Bachillerato en Enseñanza de las Ciencias Naturales de la Universidad de Costa Rica. Segundo, ser estudiante de los cursos: Metodología en la Enseñanza de las Ciencias Naturales (FD-0526) del primer semestre del año 2020 y Experiencia Docente en Ciencias (FD-0536) del segundo semestre del mismo año. El módulo de experimentación se presentó a estos profesores para que lo utilizaran en el desarrollo de sus lecciones en la experiencia docente que se realizó en el segundo curso.

2.2. Contexto de investigación

La investigación se llevó a cabo en dos contextos: los cursos de Metodología en la Enseñanza de las Ciencias Naturales (FD-0526) y Experiencia Docente en Ciencias (FD-0536) de la Universidad de Costa Rica y clases virtuales de ciencias en colegios públicos del país.

Los cursos se impartieron en el quinto y sexto semestre de la carrera del Bachillerato en Enseñanza de las Ciencias Naturales; la docente de los cursos fue la Dra. Marianela Navarro Camacho. El curso de Metodología en la Enseñanza de las Ciencias Naturales (FD-0526) se desarrolló durante el primer semestre, con 9 horas de trabajo semanales equivalente a 3 créditos. Debido a la pandemia por COVID-19, el curso se desarrolló por medio de plataformas virtuales, con sesiones sincrónicas y asincrónicas. En la descripción del programa, se indica que el curso

Tiene un carácter integrador que pretende proporcionar a los y las estudiantes un conjunto de conocimientos, estrategias didácticas y metodológicas pertinentes, que junto a lo que han obtenido en cursos anteriores, les oriente sobre el cómo promover el mensaje científico en su futura acción educativa (Programa del curso FD-0536 Metodología en la Enseñanza de las ciencias, 2019).

Durante este primer semestre, se presentó el módulo de experimentación basado en la naturaleza de las ciencias y presentado con discurso narrativo a los y las estudiantes del curso. Se les brindó un documento escrito cuya función es ser una guía para la implementación del módulo en clases de ciencias y videos animados para presentar las narrativas que se encuentran en el documento escrito. Además, una de las lecciones del curso consistió en explicar la importancia de incorporar narrativa, experimentación y NOS como estrategias didácticas para la enseñanza de las ciencias. En esa misma lección, se les brindaron ejemplos y recomendaciones para la futura implementación del módulo en su experiencia docente.

Seguidamente el curso Experiencia Docente en Ciencias (FD-0536) se desarrolló durante el segundo semestre del mismo año. Al igual que el primer curso, se desarrolló de forma virtual. Los estudiantes del curso, ahora profesores en formación inicial, trabajaron durante todo el semestre impartiendo lecciones de ciencias a un grupo de estudiantes de secundaria; bajo la supervisión de docentes de ciencias. Los docentes supervisores de la práctica cumplieron con ciertos requisitos, tales como: graduado de Bachillerato en Enseñanza de las Ciencias de una universidad pública, tener título de Licenciado en Enseñanza de las Ciencias, tener al menos cinco años de experiencia y trabajar en un colegio público.

En esta etapa cada profesor(a) en formación inicial implementó el módulo de experimentación diseñado en esta investigación. Previo a la implementación se llevaron a cabo

reuniones en pequeños grupos para orientar a los profesores en su selección de la narrativa a utilizar según los contenidos y el grado que debían enseñar.

3. Estrategias de recolección de datos e información

A continuación se presenta un cuadro operacional de los objetivos específicos y sus respectivos instrumentos de recolección de información.

Tabla 1. Cuadro operacional de los objetivos específicos y sus respectivos instrumentos de recolección de información

Objetivos	Categorías o variables	Definiciones		
		Conceptual	Operacional	Instrumental
<p>Identificar el rendimiento de profesores en formación inicial del Bachillerato en Enseñanza de las Ciencias Naturales en el uso de habilidades para la aplicación del conocimiento científico en la resolución de problemas.</p> <p>Valorar si el módulo tuvo efectos en las habilidades científicas y concepciones sobre la NOS de los sujetos participantes en el estudio.</p>	<p>Variable: rendimiento en el uso de habilidades para la aplicación del conocimiento científico</p>	<p>El rendimiento en el uso de habilidades para la aplicación del conocimiento científico se refiere a la medición de la capacidad para identificar y emplear conocimiento científico en la descripción y solución de problemas relacionados al mundo natural y sus cambios.</p>	<p>Se aplicó una prueba con ítems PISA de conocimiento científico a los profesores en formación inicial. Posteriormente, se utilizaron los criterios de corrección brindados por Arregi-Martínez, et al. (2005), para asignar una nota a cada prueba.</p>	<p>Se diseñaron dos instrumentos: un pre-test y un post-test. Ambos se basaron en ítems de pruebas PISA. Los ítems se seleccionarán según las categorías establecidas por PISA: procesos (5) y competencias (3). Se seleccionó un ítem por cada combinación disponible de proceso-competencia, obteniendo un total de 12 ítems. Los instrumentos tenían preguntas distintas pero con las mismas clasificaciones.</p>

Tabla 1. Cuadro operacional de los objetivos específicos y sus respectivos instrumentos de recolección de información

Objetivos	Categorías o variables	Definiciones		
		Conceptual	Operacional	Instrumental
<p>Inferir las concepciones sobre la NOS que tienen los profesores en formación inicial.</p> <p>Valorar si el módulo tuvo efectos en las habilidades científicas y concepciones sobre la NOS de los sujetos participantes en el estudio.</p>	<p>Categoría: concepciones sobre la NOS de profesores en formación inicial.</p>	<p>Las concepciones sobre la NOS se refieren a la epistemología derivada de las creencias personales de los y las estudiantes en pre-servicio. Una creencia se define como lo que una persona reconoce como verdadero, o una opinión subjetiva basada en experiencias personales, puntos de vista, conocimiento e interpretaciones (Barnes et al., 2015).</p>	<p>Se aplicó un cuestionario con enunciados utilizados para medir concepciones sobre la NOS a los profesores en formación inicial. Se utilizó una adaptación contextualizada de los enunciados y criterios de clasificación de Barnes et al. (2015).</p>	<p>Se diseñó un instrumento que se utilizó antes y después de la implementación del módulo de experimentación . Fue un cuestionario con 21 enunciados acerca de la NOS. Los sujetos participantes clasificaron los enunciados con una escala Likert de cinco niveles (desde totalmente de acuerdo hasta totalmente en desacuerdo).</p>

Tabla 1. Cuadro operacional de los objetivos específicos y sus respectivos instrumentos de recolección de información

Objetivos	Categorías o variables	Definiciones		
		Conceptual	Operacional	Instrumental
Analizar la implementación en la práctica del módulo de experimentación por parte del grupo de profesores en formación inicial, en colegios públicos de educación secundaria.	Categoría: implementación en la práctica educativa del módulo de experimentación .	La implementación en la práctica del módulo de experimentación se refiere al uso que le den los sujetos participantes al módulo para dar una clase de ciencias a estudiantes de colegio. Se analizará la planificación de la lección, el rol del docente y del estudiante, el tipo de experimentación que se promueve, el discurso y las afirmaciones del docente.	Se llevó a cabo una observación estructurada de las lecciones dadas en los distintos colegios para analizar la implementación del módulo por parte de cada estudiante del curso FD-0526.	Se diseñó una guía de observación con una lista de posibles situaciones, a través de un conjunto de categorías, para ser seleccionadas conforme ocurran. Además, se adicionaron notas al pie de página para anotar cualquier situación que se considerara relevante y que podría referir a una categoría emergente.

Fuente: Elaboración de la investigadora.

3.1. Descripción de técnicas para la recolección de datos e instrumentos

Para la recolección de datos se utilizaron pre y post-tests de rendimiento en habilidades científicas, cuestionarios sobre concepciones de la NOS y una guía de observación. En el desarrollo de las tres técnicas, también se generó la necesidad del consentimiento de los sujetos para participar en la investigación. Se garantizó la confidencialidad de la información brindada

por cada uno de los sujetos participantes, además se informó oportunamente a las personas cómo se utilizará su información.

También, es importante señalar que durante la investigación los profesores en formación inicial recibieron formación sobre aspectos epistemológicos, así como planificación, desarrollo y evaluación de secuencias didácticas fundamentadas en un enfoque curricular basado en habilidades. Para ello se hizo uso de actividades del módulo de experimentación diseñado para este estudio. Se parte del supuesto que el rendimiento de los profesores en formación inicial mejorará una vez finalizado el curso.

A continuación se describirán los distintas técnicas e instrumentos utilizados en la investigación:

Pre y post-tests de rendimiento en habilidades científicas

Los pre y post-tests que se utilizaron en esta investigación se clasifican como pruebas estandarizadas. Se seleccionaron ítems de pruebas PISA porque son diseñados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y tienen alta validez. Según Montero, Rojas, Zamora y Rodino (2012), estas son consideradas de “alta calidad técnica ya que utilizan modelos de medición y análisis de “punta” para generar evidencias sólidas del grado de validez y confiabilidad de sus resultados” (p.17).

Son pruebas que miden variables específicas, en este caso competencias y procedimientos relacionados al conocimiento científico. Según Arregi-Martínez et al. (2015), para la resolución de ítems en pruebas PISA de conocimiento científico se requiere: (1) tener un conocimiento básico de tipo conceptual, (2) tener un conocimiento de tipo procedimental, (3) aplicar procedimientos a situaciones concretas, y (4) conocer y comprender un léxico básico propio del lenguaje científico. Estas fases son homólogas a las descritas anteriormente por Velázquez-Ávila y Santiesteban Naranjo (2018) en la descripción de habilidades: apropiación de conocimientos, dinámica de su actividad práctica y comunicación verbal. Por tanto, en esta investigación las competencias y procedimientos medidos en los ítems basados en pruebas PISA serán indicadores del desarrollo de habilidades científicas de los sujetos participantes.

Estos ítems evaluaron la habilidad de identificar tipos de preguntas científicas, evidencias y procedimientos. Asimismo, la capacidad de deducir y evaluar conclusiones, y de usar el conocimiento para hacer predicciones. También evaluó contenidos, pero no de forma memorística, sino según su relevancia.

Los cuatro criterios que determinan la relevancia de contenidos científicos son, que: (1) aparezcan en situaciones cotidianas y tengan un alto grado de utilidad en la vida diaria, (2) se relacionen con aspectos relevantes de la ciencia, seleccionando aquellos que con más probabilidad mantengan su importancia científica en el futuro, (3) sean aptos y relevantes para detectar la formación científica del alumnado, (4) sean aptos para utilizarlos en procesos científicos y no sólo que correspondan a definiciones o clasificaciones que únicamente deben ser recordadas (Arregi-Martínez et al., 2015).

Sus ítems se clasificaron según los procesos y competencias que evaluaron:

Procesos:

- Extracción o evaluación de conclusiones.
- Identificación de la evidencia necesaria en una investigación científica.
- Demostración de la comprensión de conceptos científicos.
- Reconocimiento de cuestiones científicamente investigables.

Competencias:

- Comprensión de la investigación científica.
- Interpretación de evidencias y conclusiones científicas.
- Descripción, explicación y predicción de fenómenos científicos.

Se diseñaron dos pruebas con 12 ítems cada una, cada ítem fue una combinación distinta de proceso y competencia. Las pruebas tenían dificultad similar, con preguntas diferentes. El pre-test se aplicó antes de la implementación del módulo, al comienzo del primer semestre del 2020,. Mientras que el post-test, se aplicó al final de la experiencia docente; con el propósito de medir el rendimiento en el uso de habilidades para la aplicación del conocimiento científico en la resolución de problemas, y posteriormente para la valoración del módulo en las habilidades de los sujetos participantes en el estudio.

Se utilizó la guía de Arregi-Martínez et al., 2015 para diseñar las pruebas y se validaron con expertos. Además, se implementó una prueba piloto con un grupo similar de profesores en formación para identificar posibles ajustes necesarios. En el pilotaje participaron nueve profesores en formación inicial del curso Experiencia Docente en Ciencias (FD-0536) de la Universidad de Costa Rica, en el segundo semestre del 2019.

Cuestionario sobre concepciones de la NOS

“Un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto de una o más variables a medir” (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 217). Su función es conocer opiniones, vivencias y aprendizajes, no comportamientos externos. Sirve a través de la formulación de preguntas por parte del investigador y la emisión de respuestas por parte de los sujetos participantes (Martínez, 2007).

El instrumento a utilizar en esta investigación fue un cuestionario con preguntas cerradas. Consistió de 21 enunciados acerca de concepciones de la NOS, que el sujeto participante clasificó según su propia experiencia y creencias, con una escala de Likert de cinco niveles: totalmente de acuerdo, de acuerdo, ni de acuerdo ni en desacuerdo, en desacuerdo y totalmente en desacuerdo.

Los enunciados se basaron en el cuestionario de Barnes et al. (2015), y fueron traducidos al español y contextualizados a Costa Rica. El cuestionario diagnóstico fue validado por medio de dos revisiones de expertos.

Al igual que las pruebas de habilidades, el cuestionario se aplicó antes de la implementación del módulo, al comienzo del primer semestre del 2020, con el propósito de inferir las concepciones sobre la NOS que tenían los profesores en formación inicial. Luego, al final del mismo año, después de la implementación del módulo, se aplicó el mismo cuestionario para la valoración de las concepciones de los sujetos participantes en el estudio.

Observación no participativa estructurada

En cuanto a la observación como técnica según Bonilla-Castro et al., (1997) observar

implica focalizar la atención de manera intencional, sobre algunos segmentos de la realidad que se estudia, tratando de capturar sus elementos constitutivos y la manera cómo interactúan entre sí, con el fin de reconstruir inductivamente la dinámica de la situación (p. 118).

La observación no participativa se refiere a un tipo de observación en la cual el observador no tiene un rol activo dentro del desenvolvimiento del proceso observado. Una de las ventajas de este tipo de observación es que el observador “requiere desempeñar el “mínimo papel” y así puede concentrarse plenamente en su tarea” (Heinemann, 2003, p. 145) evitando la pérdida de información importante para el análisis posterior.

En esta investigación, la información obtenida se va recolectó con una guía de observación, que permitió sistematizar y analizar las observaciones por medio de una tabla dicotómica con distintas categorías que organizaron la información conforme se desarrolló la práctica educativa; por tanto, la observación también se clasificó como estructurada. Esta fue validada con la ayuda de expertos.

4. Posibles rutas de análisis

Pre y post-tests de rendimiento en habilidades

Se le asignó un puntaje a los resultados en las pruebas de rendimiento en habilidades por medio del uso de los criterios de corrección brindados por Arregi-Martínez et al. (2005). Los datos se tabularon según los puntos obtenidos en cada ítem por cada estudiante. Posteriormente, se ordenaron los ítems según el porcentaje de puntos acertados por la totalidad de profesores en formación inicial.

Así, se compararon cuantitativamente las fortalezas y debilidades generales de los profesores en formación inicial según su puntuación en los ítems que midieron distintas habilidades. Posteriormente, después de la aplicación de la post-prueba, se compararon el rendimiento inicial y final de los sujetos participantes que formaron parte del módulo de experimentación. Las comparaciones se hicieron a nivel general de la prueba y a nivel específico por tipo de ítem.

Cuestionario sobre concepciones de la NOS

Los enunciados del cuestionario sobre concepciones de la NOS fueron clasificados según su relación con la NOS. La clasificación se hizo con base en los criterios de Barnes et al. (2015) y con base en el conocimiento de dos expertos. Se compararon los criterios de las tres fuentes de información y se clasificaron los enunciados en tres categorías: afirmaciones de la NOS, contradicciones de la NOS y puntos controversiales de la NOS. Esta última clasificación corresponde a enunciados en los que los expertos no llegaron a un acuerdo.

Los enunciados contradictorios de la NOS (cantidad = 10) fueron asignados un valor de -1, mientras que los afirmantes de la NOS (cantidad = 9) fueron asignados un valor de +1. Los niveles de la escala de Likert también se les asignó un valor: totalmente de acuerdo (2), de acuerdo (1), neutro (0), en desacuerdo (-1) y totalmente en desacuerdo (-2).

Así, el análisis consistió en multiplicar el valor del enunciado por el valor del nivel elegido por el sujeto participante. Posteriormente, se sumaron los resultados de cada enunciado. La interpretación consistió en catalogar sumatorias altas como indicador de tener concepciones cercanas a la NOS, y las sumatorias bajas como indicador de lo opuesto.

Por otro lado, los enunciados controversiales (cantidad = 2), se estudiaron posteriormente de forma no cuantitativa.

Al respecto, resulta necesario aclarar que los sujetos participantes cursan una carrera donde el 60% de los cursos refieren al ámbito científico (física, química, geología, biología). Por lo que se esperaba que los sujetos, que ya estaban en su tercer año de carrera, tuvieran alguna concepción sobre la naturaleza del conocimiento científico.

Con esta población no había realizado una exploración en este sentido, de ahí que se consideró relevante conocer cuál era su concepción de ciencia, pues muchas investigaciones establecen una relación significativa entre la concepción de la NOS que tenga el docente y la representación pedagógica de ciencia que realiza en la práctica (Navarro–Camacho, 2019).

5. Criterios de Confiabilidad

En lo que respecta al análisis de los datos, la confiabilidad viene dada por diversos criterios. A continuación se explicarán las diferentes pautas que brindaron confiabilidad a este proceso.

Los resultados de los tests de rendimiento académico se van a analizar con el uso de criterios de corrección de alto nivel de confianza, ya que estos mismos son utilizados en la valoración de los ítems de prueba PISA. Por otro lado, en el caso del cuestionario sobre concepciones de la NOS, sus enunciados y tabulación ya han sido empleados y validados en la investigación de Barnes et al. (2015).

Finalmente, la confiabilidad de la observación fue respaldada con la devolución de las interpretaciones a los sujetos observados. Además la discusión de los hallazgos se llevó a cabo con en conjunto con la directora de tesis, quien tiene relación directa con los sujetos participantes, pues la docente del curso FD-0536.

Capítulo 4

Análisis de datos

En este capítulo se analizan los datos obtenidos de las diferentes pruebas, cuestionarios y observaciones que se realizaron en el desarrollo de esta investigación. Es importante indicar que los profesores en formación inicial (sujetos de investigación) fueron parte de un proceso educativo en la enseñanza de las ciencias durante el primer y segundo ciclo del 2020 de forma virtual debido a la pandemia por COVID-19. Los cursos en los que se llevó a cabo la investigación corresponden al tercer año de la carrera de Bachillerato en Enseñanza de las Ciencias Naturales, cuyo principal objetivo es que los profesores en formación apliquen sus conocimientos en ciencias naturales, pedagogía, currículo y didáctica.

A continuación, se analizan los resultados obtenidos en los instrumentos aplicados a los sujetos de investigación: pre-test y post-test de rendimiento en habilidades científicas, cuestionario diseñado para conocer concepciones de NOS y las observaciones realizadas durante la práctica docente donde implementaron el módulo diseñado para esta investigación.

1. Pre y post-tests de rendimiento en habilidades científicas

Los profesores en formación realizaron dos pruebas de rendimiento en habilidades científicas en el transcurso de esta investigación, una al principio del curso de Metodología en la Enseñanza de las Ciencias Naturales (pre-test) y la otra al final del curso Experiencia Docente en Ciencias (post-test). Ambas pruebas consistieron de 12 ítems, con un total de 17 puntos. Estas se diseñaron con base en ítems validados y preexistentes de pruebas PISA, con el fin de evaluar diferentes competencias y procedimientos relacionados con el conocimiento científico.

La participación en la investigación fue voluntaria. Por tanto, el pre-test fue respondido por 17 profesores en formación inicial, y la post-prueba por 13. Por tanto, los resultados en el pre-test de los sujetos que no realizaron el post-test, se eliminaron con el fin de comparar el antes y después de los procesos de formación en los cursos anteriormente indicados, donde se incorporaron aspectos de NOS y evaluación de habilidades, experimentación, narrativa y uso del módulo.

En relación con la estrategia de aplicación de los instrumentos, contaron con una hora para realizar cada prueba de forma virtual, por medio de la plataforma de Google Forms. Luego, con base en los criterios de corrección de Arregi-Martínez et al. (2015), se le asignó una puntuación final a cada prueba. Seguidamente, se calculó el porcentaje promedio acertado en cada ítem. Además, se calculó el porcentaje promedio acertado en los distintos procesos y competencias que mide la prueba. También, se obtuvo el porcentaje promedio acertado en el total de la prueba por todos los profesores en formación inicial. Seguidamente, se compararon estos valores en los pre y post-test.

El porcentaje promedio acertado por todos los sujetos en el total del pre-test fue de 48.8%. Mientras que este mismo valor en el post-test fue de 61.6%. A continuación se presenta una tabla que muestra la comparación del porcentaje promedio acertado en los distintos procesos y competencias que mide la prueba:

Tabla 2 : Comparación del porcentaje promedio acertado en los distintos procesos y competencias medidas en el pre y post-test de rendimiento en habilidades científicas.

Competencias	Porcentaje promedio acertado (%)		Diferencia de porcentajes (%)
	Pre-test	Post-test	(Post — Pre)
Comprensión de la investigación científica	37.55	70.50	32.95
Interpretación de evidencias y conclusiones científicas	90.38	88.45	-1.93
Descripción, explicación y predicción de fenómenos científicos	73.59	88.20	14.61
Procesos			
Extracción o evaluación de conclusiones	65.38	83.33	17.95
Identificación de la evidencia necesaria en una investigación	61.91	84.60	22.69
Comunicación de conclusiones válidas	78.21	85.90	7.69
Demostración de la comprensión de conceptos científicos	75.00	88.45	13.45
Reconocimiento de cuestiones científicamente investigables	76.92	76.90	-0.02

Fuente: Elaboración de la investigadora a partir de los resultados obtenidos en el pre y post-test de rendimiento en habilidades científicas.

Un valor positivo y alto en la columna “Diferencia de porcentajes” significa que hubo mejora en la competencia o proceso en el post-test en comparación con el pre-test. Mientras que un valor negativo significa que la nota en el post-test fue menor que la del pre-test.

Al respecto, la competencia con mayor porcentaje de mejora fue la *Comprensión de la investigación científica*. Sin embargo, también fue la competencia con porcentaje promedio acertado más bajo (70.50%). Esta competencia se refiere a la capacidad de “identificar la cuestión explorada en un estudio científico dado; distinguir cuestiones que podrían investigarse científicamente; proponer una forma de explorar científicamente una cuestión determinada; evaluar formas de explorar científicamente una cuestión determinada, describir y evaluar cómo los científicos aseguran la fiabilidad de los datos, y la objetividad y la generalización de las explicaciones” (OCDE, 2017).

Por tanto, los resultados indican que, a pesar de haber mejorado para finales del 2020, esta competencia sigue siendo difícil de demostrar para los profesores en formación inicial. Es probable que esto se deba a que ellos no han diseñado ni desarrollado sus propias investigaciones científicas en los cursos de las disciplinas científicas de la carrera. Por lo contrario, la mayoría de evaluaciones de los aprendizajes que se realizan en estos cursos son pruebas escritas, según se comprobó en revisión realizada a cada uno de los programas de las asignaturas. Además, en los cursos prácticos de laboratorio, los diseños experimentales y métodos se les brindan concluidos, con el fin de que realicen la práctica y obtengan resultados para formar conclusiones. Por consiguiente, no se les da la oportunidad de plantear sus propias preguntas de investigación científica.

Por otro lado, en la competencia de *Interpretación de evidencias y conclusiones científicas* se obtuvo el porcentaje promedio acertado más alto en ambos, pre y post-tests (90.38% y 88.45%). La competencia se refiere a la capacidad de “transformar los datos de una representación a otra; analizar e interpretar los datos y sacar conclusiones pertinentes; identificar los supuestos, las pruebas y los razonamientos en los textos relacionados con la ciencia; distinguir entre los argumentos que se basan en la teoría y las pruebas científicas, y los basados en otras consideraciones; y evaluar los argumentos y pruebas científicas de diferentes fuentes” (OCDE, 2017).

Esto es concordante con lo mencionado anteriormente, los profesores en formación inicial sí han tenido la oportunidad, en cursos de laboratorio, de interpretar datos y evaluar conclusiones, por tanto sus resultados en ítems de la prueba que evalúan estas habilidades son mejores.

La prueba aplicada también mide el desarrollo de procesos científicos. El proceso que mostró mayor mejora, con 22.69 puntos de diferencia fue la *Identificación de la evidencia necesaria en una investigación*. Mientras que el *Reconocimiento de cuestiones científicamente investigables* fue el único que no mejoró, con una diferencia de -0.02 puntos. Además, fue el proceso con porcentaje promedio acertado más bajo (76.90%). Esto refuerza lo mencionado anteriormente, los profesores en formación inicial pueden evaluar los resultados de investigaciones científicas, pero aún requieren fortaleza en identificación y diseños metodológicos de temas científicamente investigables desde una perspectiva de ciencia escolar, es decir que pueda ser realizada en los procesos cotidianos de educación científica en el ámbito de educación preuniversitaria.

También se puede mencionar que once de los trece profesores en formación inicial mejoraron su nota en el post-test, mientras que dos permanecieron con la misma cantidad de puntos. Ningún estudiante obtuvo una nota más baja en el post-test. Por tanto, parece que el proceso de formación que recibieron en el 2020 ayudó pero aún es insuficiente en algunas áreas, en especial en el diseño de investigaciones científicas. En este punto es importante indicar que es hasta el cuarto año, último de la carrera, que se llevan cursos de investigación educativa, que a pesar de ser distinta a la investigación que se pueda realizar en cursos del área de ciencias, debido a que aborda un objeto de estudio de distinta naturaleza, se comparten ciertas similitudes en cuanto al método y los procesos cognitivos involucrados. Por tanto, es de esperar que este tipo de competencias y procesos son los más difíciles de desarrollar. Además, se evidencia que no son habilidades que se logran en dos cursos, sino que deben ser transversales en todo el currículo y escalonados en el nivel de dificultad.

2. Cuestionario sobre concepciones de la NOS

Los profesores en formación contestaron dos cuestionarios sobre concepciones de la NOS durante esta investigación, una al principio del curso de Metodología en la Enseñanza de las

Ciencias Naturales (pre-test, I semestre 2020) y la otra al final del curso Experiencia Docente en Ciencias (post-test, II semestre 2020). Estas consistieron de 21 enunciados acerca de concepciones de la NOS, que los profesores en formación inicial debían clasificar según su propia experiencia y creencias, con una escala de Likert de cinco niveles: totalmente de acuerdo, de acuerdo, ni de acuerdo ni en desacuerdo, en desacuerdo y totalmente en desacuerdo. Los enunciados se basaron en el cuestionario de Barnes et al. (2015).

Al igual que en la prueba de rendimiento en habilidades científicas, el cuestionario inicial fue respondido por 17 profesores en formación, y el final por 13. Por tanto, los cuatro resultados sin cuestionario final fueron eliminados de la investigación, con el fin de realmente comparar un antes y un después en las concepciones de la NOS de estos profesores.

Los cuestionarios se respondieron por medio de la plataforma de Google Forms. Además, los enunciados fueron validados por expertos, quienes clasificaron los enunciados como afirmaciones o contradicciones de la NOS. A los enunciados afirmativos se les asignó un valor de +1, mientras que a los contradictorios -1. En la mayoría de enunciados los expertos llegaron a un acuerdo, excepto en dos que dependían del contexto y una explicación más detallada para ser clasificados como afirmación o contradicción. Por tanto, a estos dos enunciados se les otorgó un valor de 0.

La nota de los profesores en formación se calculó con base en su respuesta en la escala de Likert y en el valor del enunciado. Al respecto, las respuestas en la escala tenían un valor asociado del -2 al +2; desde “totalmente en desacuerdo” hasta “totalmente de acuerdo”, respectivamente. A continuación se brindan dos ejemplos para explicar el cálculo de los puntos obtenidos en cada enunciado:

A. Enunciado afirmativo de la NOS. (*valor = +1)**

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente en desacuerdo
<i>Valor del enunciado*</i>	-2	-1	0	1	2
<i>Selección del profesor en formación</i>	X				

*** Valores oculto en el cuestionario, solamente se utilizan en el cálculo de los puntos obtenidos**

Cálculo de puntos obtenidos = +1 (*valor del enunciado*) x -2 (*valor de respuesta*) = -2

Explicación: el profesor en formación está totalmente en desacuerdo con un enunciado afirmativo de la NOS, por tanto obtiene dos puntos negativos.

B. Enunciado contrario de la NOS. (*valor = -1**)

	Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente en desacuerdo
<i>Valor del enunciado*</i>	-2	-1	0	1	2
<i>Selección del profesor en formación</i>	X				

* Valores oculto en el cuestionario, solamente se utilizan en el cálculo de los puntos obtenidos

Cálculo de puntos obtenidos = -1 (*valor del enunciado*) x -2 (*valor de respuesta*) = 2

Explicación: el profesor en formación está totalmente en desacuerdo con un enunciado contrario a las NOS, por tanto obtiene dos puntos positivos.

Así, una puntuación alta señala una mayor comprensión de la NOS mientras que una puntuación baja indica poca comprensión. Con base en el método de codificación ejemplificado anteriormente, se le asignó una puntuación final a cada profesor en formación, promediando los cuestionarios aplicados al inicio y al final del 2020; estas se comparan en la siguiente tabla:

Tabla 3 : Cuestionario sobre concepciones de la NOS: comparación del puntuaciones totales al inicio y al final del año 2020, por profesor en formación inicial.

	Puntuación total		Diferencia de puntuaciones
	Inicial	Final	(Final - Inicial)
Profesor en formación inicial			
A	22	15	-7
B	22	15	-7
E	5	7	2
G	15	17	2
H	14	18	4
J	12	11	-1

Tabla 3 : Cuestionario sobre concepciones de la NOS: comparación del puntuaciones totales al inicio y al final del año 2020, por profesor en formación inicial.

	Puntuación total		Diferencia de puntuaciones
	Inicial	Final	(Final - Inicial)
Profesor en formación inicial			
K	6	9	3
L	8	27	19
M	16	18	2
N	7	20	13
O	17	25	8
P	10	12	2
Q	14	22	8
		Total	48

Fuente: Elaboración de la investigadora a partir de los resultados del Cuestionario sobre concepciones de la NOS.

Diez de los trece profesores en formación mejoraron su puntuación en el cuestionario final, mientras que tres de ellos bajaron su puntuación. Dos de los que bajaron su puntuación (A y B), inicialmente habían obtenido la nota más alta del grupo (22) y bajaron su nota por 7 puntos en el cuestionario final. Por tanto, se llevó a cabo un pequeño grupo focal con ellos para conocer posibles causas de sus cambios en concepciones de la NOS. Ambos mencionaron que al principio del año no se cuestionaban qué era la ciencia, pero después del proceso formativo que llevaron durante el 2020 no están seguros de qué es. Por consiguiente, muchas de sus respuestas pasaron de ser “totalmente de acuerdo” a “de acuerdo” (igual con desacuerdo). Mencionaron que en cada ítem se tomaron más tiempo para responder la segunda vez, porque se cuestionaban cada palabra de los enunciados. Ellos expresan que ahora son más reflexivos y críticos de la NOS, lo cual es positivo.

Sin embargo, en la discusión aún se evidenció que tienen un posicionamiento epistemológico empirista-lógico, que se caracteriza por creer que existe un método científico preciso y eficaz, y que cualquier investigación que siga este método producirá resultados verdaderos (Barnes et al., 2015). Además, consideran que no hay espacio para la subjetividad humana en la investigación

científica. Al respecto, tienen una noción limitada de la subjetividad, relacionándola únicamente a la falta de ética en la presentación de resultados. Para ellos este concepto es solamente negativo y no consideran otros aspectos que lo caracterizan como las motivaciones y el contexto del científico.

Por otro lado, las profesoras en formación inicial L y N lograron el mayor cambio en términos de una evolución en sus concepciones de NOS, con un aumento de 19 y 13 puntos respectivamente. Por tanto, también se llevó a cabo un pequeño grupo focal con ellas. Ambas están de acuerdo con la importancia de la metodología aplicada por la profesora de los cursos de didáctica específica en su motivación por aprender más sobre la NOS. Mencionaron el uso de lecturas importantes, grupos focales y discusiones en foros que las ayudaron a tener una concepción más cercana a la NOS que presentan Matthews (2012) y Lederman (2002). También, explicaron que aprendieron que incluir la NOS en la enseñanza de las ciencias conlleva beneficios, tales como la motivación de los estudiantes a aprender más. Ellas se dieron cuenta de que la NOS es importante para su propio desarrollo como profesoras. Por tanto, se esforzaron por aprender más sobre el tema y su aplicación en la formación de estudiantes.

En general, el grupo de profesores en formación mostró un aumento en la puntuación final total. Sin embargo, los resultados evidencian mucha fluctuación. A pesar de que todos estuvieron expuestos a los mismos estímulos de aprendizaje, los resultados no fueron homogéneos, lo que demuestra que los efectos del aprendizaje son distintos para cada sujeto.

Por otro lado, además de comparar los resultados de cada profesor en formación, se comparó la puntuación obtenida en cada enunciado, con el fin de comprender cuáles aspectos de la NOS se comprendieron más durante el año y cuáles necesitan fortalecerse.

Con respecto a los enunciados contrarios a la NOS, los que obtuvieron puntuaciones más altas (por tanto, fueron correctamente identificados como contrarios a la NOS) fueron:

- Durante la investigación, los científicos usan la imaginación solo mientras recopilan datos.
- El creacionismo debería enseñarse como un componente más de la evolución.
- La evidencia científica válida NO es discutible.

- La ciencia es directa y NO da lugar a prejuicios personales.
- El método científico debe seguirse de forma rigurosa para generar resultados válidos.

Por el contrario, los enunciados contrarios que anteriormente habían sido identificados y presentaron dificultades en el cuestionario final fueron los siguientes:

- No hay espacio para la subjetividad en la investigación científica.
- Solo en ciencia podemos estar seguros de que lo que sabemos es cierto.

Por otro lado, las afirmaciones de la NOS que mostraron mayor comprensión en el cuestionario final fueron:

- No hay verdad absoluta en el conocimiento científico.
- El conocimiento científico está sujeto a cambios con nueva evidencia.
- El objetivo de la ciencia NO es la acumulación de hechos sino el desarrollo del conocimiento científico.

Mientras que las afirmaciones que anteriormente habían sido identificados y presentaron dificultades en el cuestionario final fueron las siguientes:

- Los hechos son la prueba de las teorías de las ciencias naturales.
- Los métodos científicos se utilizan en la búsqueda del conocimiento científico.
- El conocimiento científico es tentativo pero duradero.

Después de conversar con la profesora del grupo, se pueden explicar las tendencias de por qué se pueden comprender mejor algunos enunciados que otros. Por ejemplo, durante las lecciones se discutió acerca del creacionismo para definir qué es y qué no es ciencia. Esto explica por qué los profesores en formación respondieron correctamente cuándo se les preguntó al respecto. Además, se les presentaron ejemplos de cosmología para discutir acerca del mito de la verdad absoluta de la ciencia. Esto también se vio reflejado en las respuestas dadas en el cuestionario. Parece ser que los enunciados que contenían las palabras exactas que se usaron en clases, como “creacionismo” y “verdad absoluta”, obtuvieron mejores resultados.

Sin embargo, sus respuestas también presentan contradicciones. Por ejemplo, están seguros de que no hay verdad absoluta en la ciencia, pero también afirman que solo en la ciencia podemos estar seguros de que lo que sabemos es cierto. Estos enunciados son muy similares, pero obtienen respuestas opuestas. Debido a esto surge la pregunta ¿están realmente los profesores en formación inicial comprendiendo la NOS, o están memorizando enunciados de la NOS?

Además, se evidencia que la subjetividad en las ciencias sigue siendo un tema que no queda claro. La mayoría de profesores en formación inicial afirma que no hay espacio para la subjetividad en la investigación científica, porque la relacionan con falta de ética en la recolecta y presentación de datos. Se olvidan o no saben que esto también se refiere a que el científico es un ser humano que se ve influenciado por su contexto y creencias.

Por tanto, se puede afirmar que la NOS es un constructo que debe ser estudiado durante todo un proceso de formación y con mucha claridad, no solamente en el tercer año de carrera en dos cursos. Además, un solo módulo que involucre aspectos de la NOS no va a hacer que los docentes que lo usen se hagan expertos en el tema.

3. Observación no participativa estructurada

Las observaciones se realizaron en las lecciones impartidas por siete profesores en formación inicial del curso Experiencia Docente en Ciencias, durante el segundo semestre del 2020. Ellos impartieron sus lecciones virtualmente, por medio de la plataforma Microsoft Teams, en colegios públicos de Costa Rica. Los profesores en formación fueron seleccionados según su disposición y la de sus profesores supervisores de ser observados en la implementación del módulo.

Previo al desarrollo de sus lecciones, se llevaron a cabo reuniones con los profesores en formación inicial para discutir sobre la implementación del módulo, en aspectos como: uso de una de las narrativas, contenidos curriculares a abordar, estrategias didácticas a emplear, limitantes y dificultades a enfrentar en el escenario de entorno virtual.

Después de analizar los recursos que ofrece el módulo, se determinó cuál narrativa era más apropiada según las necesidades curriculares de cada profesor en formación. Tres hicieron uso de la narrativa “Jardines de almejas”, dos “¿Para qué jardines de almejas si se están desintegrando?”

y dos “De Costa Rica a los extremos”. Ninguno logró incorporar la narrativa “¿Por qué amamos a las ballenas?”, dado que muchos de los posibles temas a enseñar con esta narrativa fueron eliminados del currículum del 2020 por el Ministerio de Educación Pública, debido al cambio de modalidad de enseñanza (de presencial a virtual) y a la suspensión de lecciones que se llevó a cabo por causa de la pandemia mundial.

A continuación se presenta una tabla con la información correspondiente a la implementación del módulo:

Tabla 4 : Información específica de implementación del módulo: “Historias, experimentos y el océano”

Profesores en formación inicial	G	K	J	L	B	E	A
Institución	Colegio Técnico Profesional Uladislao Gámez Solano	Colegio Elías Leiva Quirós	Liceo de Moravia	Liceo de Moravia	Liceo de Moravia	Colegio Técnico Profesional de Acosta	Colegio experimental Bilingüe de Palmares
Provincia	San José	Cartago	San José	San José	San José	San José	Alajuela
Grado	7mo	7mo	7mo	8vo	9no	10mo	11mo (BI*)
Contenido a enseñar	Separación de mezclas	Separación de mezclas	Separación de mezclas	Radiactividad	Reacciones químicas	Calentamiento global	Fotosíntesis
Narrativa	Jardines de almejas	Jardines de almejas	Jardines de almejas	De Costa Rica a los extremos	¿Para qué jardines de almejas si se están desintegrando?	¿Para qué jardines de almejas si se están desintegrando?	De Costa Rica a los extremos

* BI = Bachillerato Internacional

Fuente: Elaboración de la investigadora a partir de los datos suministrados por los sujetos participantes.

A continuación, se analizan las observaciones de la implementación del módulo en clases de ciencias con estudiantes de Educación General Básica (EGB) de séptimo, octavo y noveno año, y décimo y undécimo de Educación diversificada. Las categorías de análisis establecidas a priori son las siguientes: uso del discurso narrativo por parte del docente, incorporación de NOS, empirismo en la concreción didáctica.

3.1. Uso del discurso narrativo por parte del docente

Con respecto al discurso narrativo, los profesores en formación inicial presentaron las historias en tres formatos: lectura individual previa a la lección (2), lectura grupal en clase (1) y presentación de video animado en clase (4). Ninguno presentó la narrativa de forma oral/libre, como lo haría un “cuenta cuentos”. La forma en que se utiliza la narrativa como recurso pedagógico es muy importante, en este caso ninguno de los participantes uso la estrategia de *storytelling*, la cual es una herramienta oral de comunicación, donde el narrador tiene la historia en su mente (no en un texto) y usa palabras y gestos para presentarla a su público. Es un proceso dinámico e interactivo de co-creación de la historia entre el narrador y su público (McDowell, 2018).

Según estudios, esta es la modalidad más acertada para presentar las narrativas. Primero, porque promueve la formación de comunidades de aprendizaje y el establecimiento de relaciones sociales en el aula (Phillips, 2013). En otras palabras, crea una zona de desarrollo próximo (Vygotsky, 1978). Segundo, tiene la capacidad de activar múltiples significados y explicaciones. “Esta experiencia compartida de creación de significado se intensifica en el contexto colectivo de la narración oral en vivo en oposición a la experiencia individual de la historia a través del texto impreso.” (Phillips, 2013). Tercero, al conocer los múltiples significados de los estudiantes, el docente puede utilizar esta herramienta para diagnosticar sus conocimientos previos. Por último, el *storytelling* captura la atención de los estudiantes. Kuyvenhoven (2005) describe esto como el “silencio del oyente”; aquellos momentos en los que los estudiantes están completamente inmersos en la historia que les presenta el narrador.

Sin embargo, estos beneficios no se vivenciaron en la implementación del módulo porque el *storytelling* no es fácil de llevar a cabo, en especial si los sujetos no han sido capacitados para hacerlo. Además, a nivel pedagógico no es fácil hacer ruptura de los discursos tradicionales informativos a los que están acostumbrados los sujetos. En ese sentido, Navarro–Camacho, (2019, p. 125) indica que “la ciencia de contenido textual es el resultado de un discurso pedagógico apegado a un modelo tradicional en el cual la ciencia se trasmite, más no se construye.”

La narrativa no es un discurso pedagógico predominante en la enseñanza de las ciencias, especialmente en secundaria. Como se mencionó anteriormente, Bruner (1986, 1990, 1996) explica que existen dos modos de pensamiento, o dos vías para organizar experiencias: el modo paradigmático-argumentativo y el modo sintagmático-narrativo. Se ha creído que el modo paradigmático es superior al narrativo y debe sustituirlo conforme se madura cognitivamente. Esto explica la tendencia del sistema educativo a dejar de lado la narrativa en sus niveles superiores. Lo mismo se evidenció en las observaciones, los profesores en formación inicial dieron prioridad al modo paradigmático-argumentativo y su discurso predominante fue informativo; a pesar de que previamente se les haya presentado el modo sintagmático-narrativo y sus beneficios. Por tanto, se infiere que en la formación de futuros docentes debe hacer aún más énfasis en este modo de pensamiento para que se logre incorporar en las lecciones de ciencias el discurso sintagmático-narrativo.

Por otro lado, se observaron algunos aspectos positivos al presentar las narrativas tal y cómo se encuentran en el módulo. Dado que, éstas fueron intencionalmente diseñadas con el fin de ser secuenciales para promover su memorabilidad y de incorporar diversos elementos de la NOS. Debido a estas características los profesores participantes lograron evitar presentar una ciencia ahistórica, “naïve” o completamente biográfica.

También, es importante recordar que esta es la primera experiencia de enseñanza formal que tienen los sujetos y la primera experiencia en el uso de narrativas para la enseñanza. Por tanto, contar con un módulo de historias con estas características y la experiencia en su implementación podría motivarlos al uso y diseño de recursos didácticos de esta naturaleza en el futuro.

Con respecto al momento de la lección en que emplearon la narrativa, solamente un profesor en formación inicial (G) logró transversalizar la narrativa durante toda la lección; el resto le dio poco protagonismo, utilizándola para introducir la lección o para repasar los aprendizajes al final de la lección. Según la investigación de Murman et al. (2014), los docentes que integran la narrativa a la lección de forma protagónica obtienen mejores resultados de aprendizaje por parte de sus estudiantes. Asimismo, si logran que sus estudiantes se sumerjan en las historias, como

ocurre en el *storytelling*, obtienen resultados aún mejores; esto no se logró en la implementación del módulo por parte de los profesores en formación inicial.

Por otro lado, en todas las observaciones, la implementación del módulo permitió establecer conexiones con los conocimientos previos de sus estudiantes. Los profesores en formación inicial utilizaron ejemplos de la narrativa para hacer el contenido científico más comprensible y cercano para los estudiantes de secundaria. Por ejemplo, en la historia “Jardines de almejas”, comparaban los muros de rocas con los filtros que se utilizan para hacer café. Esto promueve la comprensión y la transferencia del conocimiento científico a otros contextos (Bransford, Brown y Cocking, 2000). Ya que entre más conexiones pueda hacer el estudiante entre contenido nuevo y sus conocimientos previos, más va a comprender el tema y más tiempo va a retener la nueva información (Presley et al., 2013).

Además, se observó que las narrativas permitieron “enmarcar” la lección, es decir, al igual que un marco alrededor de una pintura, el discurso narrativo permite agregar una capa a la lección y presentar la ciencia dentro de un contexto, otorgándole temporalidad e importancia. (Presley et al., 2013). Estos marcos usualmente son cuestiones socio-científicas relacionadas con el tema de estudio, que incrementan el aprendizaje y la motivación en el aula. Por ejemplo, en la narrativa *Jardines de almejas* se discutió el quehacer científico de comunidades indígenas y la importancia de aprender de sus prácticas sostenibles. Además, permite mostrar la ciencia como elemento cultural que es desarrollado por cualquier cultura independientemente de su etnicidad, género o condición social. En la narrativa *¿Para qué jardines de almejas si se están desintegrando?* los profesores en formación inicial hablaron sobre temas socio-políticos relacionados al cambio climático e intereses económicos en la toma de decisiones. Finalmente, en la narrativa *De Costa Rica a los extremos* se hizo énfasis en el papel de la mujer en las ciencias y las injusticias a las que se ha enfrentado a través de la historia.

También, se evidenció que la mayoría de profesores en formación logró utilizar la narrativa exitosamente como elemento de motivación para los estudiantes. Después de presentar la historia, hicieron preguntas de reflexión que motivaron a sus estudiantes a participar en discusiones grupales, donde comentaron lo que recordaron de la narrativa y su relación con el

contenido científico en estudio. Sus comentarios estaban relacionados con experiencias de la vida cotidiana en relación con el tema de estudio, lo que demostró comprensión de los conceptos científicos y el establecimiento de relaciones entre ellos. Además, los estudiantes expresaron que les gustó la historia y les gustaría continuar aprendiendo por este medio.

Por el contrario, tres de los siete profesores en formación inicial no obtuvieron respuesta de sus estudiantes después de hacer este tipo de preguntas de reflexión. Se indagó al respecto y se descubrió que los tres realizaban su práctica en la misma institución educativa y su reglamento para el uso de la plataforma virtual era estricto y limitaba la interacción estudiante-docente y estudiante-estudiante.

3.2. Incorporación de la NOS

Anteriormente se discutieron los resultados obtenidos en los cuestionarios de concepciones sobre la NOS. Ahora, además de saber las concepciones de los profesores en formación inicial es importante saber si tienen la habilidad incorporar elementos NOS en la enseñanza de las ciencias. Por tanto, durante la observación se utilizó una tabla de cotejo para identificar los momentos en que hacían alusión o comunicaban elementos NOS. Esta tabla se basó en los “Siete de Lederman” (Lederman et al., 2002) y las nuevas visiones de Allchin y Matthews (Allchin, 2011) (Matthews, 2012).

Los aspectos de la NOS más mencionados fueron: la naturaleza empírica del conocimiento científico, la naturaleza creativa de las ciencias, el arraigo social y cultural del conocimiento científico. También se mencionaron otros aspectos, pero con menor énfasis: la naturaleza teórica del conocimiento científico, las motivaciones de los científicos, y el feminismo. Otros aspectos, como las teorías y leyes científicas, el mito del método científico, y la naturaleza provisional del conocimiento científico, no se tomaron en cuenta.

Al respecto, en un estudio longitudinal realizado en Estados Unidos durante tres años, se encontró que la instrucción explícita de la NOS se ve afectada por factores tales como: las experiencias previas de los docentes y por supuesto la comprensión y aprendizaje de la NOS (Firestone, et al., 2012). Sobre este último punto es importante señalar que los profesores en

formación inicial aún están formándose en este constructo, en ese sentido, el cuestionario NOS reveló carencias importantes en la comprensión de la NOS. Al respecto, diversas investigaciones (Niaz, 2001; Lakatos, 1970) advierten que la comprensión de la ciencia desde posicionamientos epistemológicos recientes es complejo. Además, si los mismos formadores tienen carencias en esa temática, no será posible que éste sea parte implícita en su práctica docente. En el plan de estudios de los profesores en formación inicial el constructo NOS no se aborda de forma transversal en los diferentes cursos de su carrera, solamente en los que abordan la didáctica específica, que son solamente tres.

Por tanto, se recomienda abordar el constructo NOS desde el primer año en los diferentes cursos y además para futuras investigaciones conocer las experiencias previas (tanto socio-culturales como académicas) de los profesores en formación, para así explicar más profundamente por qué se enseñan algunos aspectos de la NOS más que otros.

Por otro lado, es probable que el módulo propiciara la enseñanza de algunos aspectos de la NOS más que otros, causando que los profesores en formación inicial hicieran lo mismo. Por ejemplo, *Jardines de almejas* y *¿Para qué jardines de almejas si se están desintegrando?* facilitan la enseñanza del quehacer empírico de la ciencia, ejemplificando cómo se hacen descubrimientos en el campo. Además, muestran diferentes diseños experimentales que enfatizan la creatividad involucrada en la ciencia. Asimismo, las tres historias seleccionadas por los profesores en formación inicial abordan el arraigo social y cultural del conocimiento científico, presentando las motivaciones y el quehacer científico realizado en comunidades indígenas y por mujeres.

También, es probable que se haya hecho énfasis en la naturaleza teórica del conocimiento científico porque en las clases tradicionales se acostumbra enseñar más la teoría que la práctica.

Otros aspectos de la NOS como la definición correcta de los conceptos teoría y ley, y la naturaleza provisional del conocimiento científico, no se abordan explícitamente en el módulo. Por tanto, los profesores en formación no los mencionaron. Por otro lado, con respecto al momento de comunicación de aspectos de la NOS, la mayoría de profesores en formación inicial logró integrarlos en el desarrollo de la lección, ligándolos con los contenidos científicos que debían enseñar ese día.

Con respecto al módulo y sus beneficios en la implementación de la NOS, se observó que el éste permitió una incorporación contextualizada de la NOS. Existen dos formas de enseñar la NOS, de forma contextualizada y no contextualizada. La contextualizada logra integrar el contenido científico en el currículum con aspectos de la NOS, mientras que la descontextualizada se enfoca puramente en NOS sin hacer conexión con el contenido (Clough y Olson, 2012). El módulo busca integrar distintos contenidos del currículum nacional de enseñanza de las ciencias con su historia y sus contextos socio-culturales, por tanto, promueve la enseñanza contextualizada de la NOS (Clough y Olson, 2012).

Ambas formas son válidas e importantes, pero la forma contextualizada permite ahorrar tiempo, lo cual es sumamente valioso para los docentes a la hora de enseñar y conlleva otros beneficios. Por ejemplo, en una investigación realizada con profesores en formación inicial, se concluyó que los que enseñaban una NOS contextualizada alcanzaban una alta categoría de enseñanza, logrando que sus estudiantes reflexionaran acerca de las experiencias científicas y el contexto en el que ocurrían. Mientras que los que presentaban una NOS aislada se enfrentaban a falta de tiempo para cubrir los temas en el currículum, por tanto, optaban por eliminar la NOS de sus lecciones (Clough y Olson, 2012).

La investigación desde la didáctica de las ciencias ha demostrado la importancia de la NOS en la enseñanza de las ciencias naturales. En Costa Rica se está comenzando a incluir en la formación de docentes de ciencias. Al respecto, no es posible cambiar el quehacer docente sin primero transformar su epistemología y concepciones sobre qué es y cómo se construye el conocimiento científico (Bell y Pearson, 2007). Sin embargo, en el caso de estos profesores en formación inicial, solo han aprendido sobre la NOS en dos cursos. El nuevo plan de la carrera propone que el tema se enseñe de forma transversal, lo que implica que los docentes que imparten estos cursos también se formen en la NOS.

3.3. Empirismo en la concreción didáctica

Además de hacer uso de las narrativas del módulo, se le propuso a los profesores en formación inicial desarrollar una actividad empírica relacionada con el tema de estudio. Debido

al cambio de modalidad a virtual, se modificó la propuesta inicial que era implementar una actividad *hands-on* con sus estudiantes, permitiendo el uso de demostraciones y simulaciones. Al respecto la mayoría de profesores en formación inicial (5) hizo uso de demostraciones. Algunos profesores en formación mostraron videos pre-grabados, otros demostraron el experimento en vivo y otros diseñaron guías para que los estudiantes realizaran el experimento asincrónicamente con materiales caseros.

Los tres profesores en formación inicial de séptimo grado demostraron el uso de un filtro para separar mezclas. Uno de ellos logró que sus estudiantes también participaran de la actividad en casa, los otros dos mostraron videos y comentaron al respecto, pero no motivaron a sus estudiantes a llevar a cabo el experimento con materiales caseros.

Por otro lado, la profesora en formación inicial de octavo grado utilizó una simulación para mostrar los efectos de la vida media de elementos radiactivos. Su actividad fue interesante porque adecuó el procedimiento para que se pudiera realizar en una plataforma en línea o con objetos del hogar. Los estudiantes fueron muy participativos en esta ocasión. Lo mismo sucedió con el profesor en formación de noveno año. Él diseñó un experimento para observar el efecto de sustancias ácidas en el carbonato de calcio de una cáscara de huevo. Los estudiantes realizaron el experimento asincrónicamente y compartieron sus resultados en una sesión sincrónica. Al principio, la actividad fue “tipo receta” pero se complementó con una investigación sobre reacciones químicas que pueden suceder en la vida cotidiana, lo cual aumentó la comprensión del tema por parte de los estudiantes.

Por el contrario, la profesora en formación inicial de décimo no tuvo oportunidad de desarrollar una actividad empírica. Finalmente, el profesor en formación de undécimo llevó a cabo una cromatografía junto con sus estudiantes de forma sincrónica. Sin embargo, se explicó en un formato “tipo receta” y no se logró profundizar en la ciencia tras la actividad.

Antes de la implementación de la actividad empírica, no se habían discutido ejemplos de aplicaciones cotidianas del tema de estudio. Sin embargo, en todas las lecciones mostrar o desarrollar una actividad práctica promovió que los profesores en formación inicial relacionaran la materia con la vida cotidiana. Los profesores de séptimo explicaron cómo se utilizan diferentes métodos de separación en la vida cotidiana (chorrear café, separar basura...), la de octavo grado

mencionó ejemplos de desastres nucleares y beneficios de los rayos X, el de noveno ejemplificó reacciones químicas que se utilizan para la limpieza del hogar, y el de undécimo mencionó cómo la industria farmacéutica hace uso de técnicas como la cromatografía para separar e identificar compuestos.

Capítulo 5

Conclusiones y Recomendaciones finales

1. Conclusiones

Las principales conclusiones que surgen a partir de los objetivos, referentes teóricos y análisis de resultados de la investigación, se sintetizan a continuación.

1.1 Sobre habilidades para la aplicación del conocimiento científico de los profesores en formación inicial

- Con respecto al desarrollo de habilidades, los profesores en formación inicial tienen mayor facilidad en la evaluación y comprensión de datos y resultados de investigaciones científicas, pero aún requieren fortaleza en el diseño e identificación de temas científicamente investigables. Esto se debe a su formación en las ciencias, que se ha evaluado en su mayoría con pruebas escritas o con reportes de laboratorio, y no con el diseño de investigaciones científicas.

1.2 Sobre concepciones de la NOS de los profesores en formación inicial

- La subjetividad en las ciencias sigue siendo un tema que no les queda claro a los profesores en formación, ya que tienen una concepción “naïve” de este concepto. La mayoría afirma que no hay espacio para la subjetividad en la investigación científica, porque la relacionan con falta de ética en la recolecta y presentación de datos. Se puede afirmar que la NOS es un constructo que debe ser estudiado durante todo un proceso de formación y con mucha claridad, no solamente en el tercer año de carrera en dos cursos.

1.3 Sobre efectos del módulo en los profesores en formación

- En general, el grupo de profesores en formación mostró un aumento en la puntuación final total del cuestionario de concepciones de NOS. Sin embargo, los resultados evidencian mucha fluctuación. A pesar de que todos estuvieron expuestos a los mismos estímulos de aprendizaje, los resultados no fueron homogéneos, lo que demuestra que los efectos del aprendizaje son

distintos para cada sujeto. Además, aún presentan muchas contradicciones en sus respuestas, lo cual abre la posibilidad de que estén memorizando “respuestas correctas” en vez de comprender realmente la NOS.

- La mayoría de profesores en formación inicial mejoraron su nota en el post-test de habilidades científicas, (dos permanecieron con la misma cantidad de puntos). Ningún estudiante obtuvo una nota más baja en el post-test. Por tanto, parece que el proceso de formación que recibieron en el 2020, incluyendo la capacitación en la implementación del módulo, ayudó a desarrollar ciertas habilidades científicas, como la demostración de la comprensión de conceptos científicos y la comprensión de la investigación científica; pero aún es insuficiente en algunas áreas, en especial en el diseño de investigaciones científicas.

1.4 Sobre la implementación del módulo en colegios públicos de secundaria

- El módulo permitió una incorporación contextualizada de la NOS, es decir logró integrar el contenido científico en el currículum con aspectos de la NOS. Esto promueve la reflexión acerca de experiencias científicas y el contexto en el que ocurren y ahorra tiempo a la hora de impartir lecciones (Clough y Olson, 2012).
- La forma en que se utiliza la narrativa como recurso pedagógico es muy importante. El discurso más recomendado es el *storytelling* (McDowell, 2018). Sin embargo, los profesores en formación inicial dieron prioridad al modo paradigmático-argumentativo y su discurso predominante fue informativo.
- El módulo fue intencionalmente diseñado con secuencialidad y con diversos elementos de la NOS. Esto permitió que profesores participantes evitaran presentar una ciencia ahistórica, “naïve” o completamente biográfica. Por tanto, contar con un módulo de historias con estas características y la experiencia en su implementación podría motivar a profesores en formación inicial a utilizar y diseñar recursos didácticos similares en el futuro.

- La implementación del módulo permitió establecer conexiones con los conocimientos previos de sus estudiantes. Los profesores en formación inicial utilizaron ejemplos de la narrativa para hacer el contenido científico más comprensible y cercano para los estudiantes de secundaria. Entre más conexiones pueda hacer el estudiante entre contenido nuevo y sus conocimientos previos, logrará comprender mejor el tema y va a retener por más tiempo la nueva información (Presley et al., 2013).
- Las narrativas del módulo permitieron “enmarcar” la lección, es decir, al igual que un marco alrededor de una pintura, el discurso narrativo permite agregar una capa a la lección y presentar la ciencia dentro de un contexto, otorgándole temporalidad e importancia. (Presley et al., 2013).
- La implementación del módulo fue un elemento de motivación para los estudiantes que recibieron las lecciones.
- Antes de la implementación de la actividad empírica en el módulo, no se habían discutido ejemplos de aplicaciones cotidianas del tema de estudio. Sin embargo, en todas las lecciones mostrar o desarrollar una actividad práctica promovió que los profesores en formación inicial relacionaran la materia con la vida cotidiana.

2. Recomendaciones

Con base en las conclusiones y resultados obtenidos en esta investigación, se presentan recomendaciones finales dirigidas al proceso de formación inicial de los docentes de enseñanza de las ciencias naturales de la Universidad de Costa Rica.

Primero, se recomienda la incorporación del aprendizaje por proyectos y la realización de pequeñas investigaciones científicas en los cursos de ciencias (física, química, biología, geología). Esto promovería el desarrollo de habilidades como el reconocimiento y diseño de investigaciones científicas.

Segundo, se recomienda incluir en el proceso formativo de la carrera las diferentes formas de discurso pedagógico, no solamente el discurso informativo. Al incluir procesos de producción y uso de la narrativa en el contexto de la práctica educativa, los profesores en formación van a tener mayor facilidad al utilizar este tipo de discurso en sus propias clases.

Tercero, se recomienda que la enseñanza de la NOS se dé de forma transversal en todo el currículo de Enseñanza de las Ciencias Naturales; tanto en cursos de ciencias, donde los mismos científicos pueden explicar sus investigaciones, motivaciones y contextos; como en cursos de formación docente, donde se puede explorar la historia y cultura en la que se desarrolla la ciencia. La NOS se debe enseñar de forma explícita durante varios años para que los profesores en formación inicial desarrollen concepciones acertadas del tema.

Referencias Bibliográficas

- Abd-el-Khalick, F., Bell, R.L., Lederman, N.G. (1998). The Nature of Science and Instructional Practice: Making the Unnatural Natural. *Science Education*, 82(4), 417-436. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199807\)82:4<417::AID-SCE1>3.0.CO;2-E](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199807)82:4<417::AID-SCE1>3.0.CO;2-E)
- Adúriz-Bravo, A. (2000). Consideraciones acerca del estatuto epistemológico de la didáctica específica de las ciencias naturales. *Revista del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Educación*, 9(17), 49-52. <http://repositorio.filo.uba.ar/handle/filodigital/6634?show=full>
- Adúriz-Bravo, A. y Revel Chion, A. (2016). El pensamiento narrativo en la enseñanza de las ciencias. *Revista Inter Ação*, 41(3), 691-704. <https://doi.org/10.5216/ia.v41i3.41940>
- Akarsu, B. (2010). Turkish pre-service teacher's perspectives of demonstrations and hands-on activities in science classrooms. *Am. J. Phys. Educ*, 4(3). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3696569>
- Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518–542. <https://doi.org/10.1002/sce.20432>
- Arregi-Martínez, A., Sainz-Martínez, A., Tambo-Hernández, I., Ugarriza-Ocerin, J. (2005). Programa PISA: Ejemplos de ítems de Conocimiento Científico. INECSE/MEC. <https://www.mecd.gob.es/dctm/ievaluacion/internacional/itemscienciaspisa.pdf?documentId=0901e72b80110699>
- Arya, D. y Maul, A. (2012). The Role of the Scientific Discovery Narrative in Middle School Science Education: An Experimental Study. *Journal of Educational Psychology*, 104(4), 1022–1032. <https://doi.org/10.1037/a0028108>
- Avvisati, F., Echazarra, A., Givord, P., y Schwabe, M. (2019). *Programme for International Student Assessment (PISA) Results from PISA 2018*. https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_CRI.pdf

- Barber, M. y Mourshed, M. (2007). *How the World's Best-Performing School Systems Come Out On Top*. McKinsey&Company
- Barnes, C., Angle J., y Montgomery D. (2015). Teachers Describe Epistemologies of Science Instruction Through Q Methodology. *School Science and Mathematics*, 115(3), 141-150. <https://doi.org/10.1111/ssm.12111>
- Bell, B.F., Pearson, J. (2007). Better Learning. *International Journal of Science Education*, 14(3), 349–361. <https://doi.org/10.1080/0950069920140310>
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., Miller-Ricci, M., Rumble, M. (2012). Defining Twenty-First Century Skills. En Griffin, P., McGaw, B., y Care, E. (Eds.), *Assessment and teaching of 21st century skills: Methods and approach* (pp. 17-66). doi: 10.1007/978-94-017-9395-7
- Bolaños-Vargas, R. (2019, 22 de julio). Las calificaciones en Costa Rica en pruebas PISA están por debajo del promedio de la OCDE. *Noticias UCR*. <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2019/07/22/las-calificaciones-en-costa-rica-en-pruebas-pisa-estan-por-debajo-del-promedio-de-la-ocde.html>
- Bonilla-Castro, E., y Rodríguez-Sehk, P. (1997). *Más allá de los métodos. La investigación en ciencias sociales*. Editorial Norma.
- Bransford, J. D., Brown, A. L., & Cocking, R. R. (Eds.). (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school*. National Academies Press.
- Bruner, J. (1986). *Realidad mental y mundo posibles: Los actos de la imaginación que dan sentido a la experiencia*. Gedisa.
- Bruner, J. (1990). *Acts of Meaning: Four Lectures on Mind and Culture*. Harvard University Press.
- Bruner, J. (1996). Meaning and self in cultural perspective. En D. Bakhurst & Ch. Sypnowich (eds.). *The social self*. SAGE.

- Bruner, J. (1999). *La educación puerta de la cultura*. Aprendizaje Visor.
- Bruner, J. (2003). *La fábrica de historias: Derecho, literatura, vida*. Fondo de Cultura Económica.
- Caamaño, C. (2012). Valor epistemológico y transformador de la narrativa en la enseñanza. *Fermentario*, 6, 1-12. www.fermentario.fhuce.edu.uy/index.php/fermentario/article/download/100/104
- Chang, Y., Chang, C., y Tseng, Y. (2010). Trends of science education research: An automatic content analysis. *Journal of Science Education and Technology*, 19(4), 315–332. <https://doi.org/10.1007/s10956-009-9202-2>
- Chapela, A. (2014). Entre ficción y ciencia: El uso de la narrativa en la enseñanza de la ciencia. *Educación Química*, 25(1), 2-6. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(14\)70516-6](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(14)70516-6)
- Clough, M.P., Olson, J.K. (2012). Impact of a Nature of Science and Science Education Course on Teachers' Nature of Science Classroom Practices. En M.S. Khine (Ed.). *Advances in Nature of Science Research*, 189-206. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2457-0_12
- Colás, B. y Buendía, L. (1998). *Investigación Educativa*, (3ª ed.). Alfa S. A.
- Council for Science and Technology. (2013). *Science, technology, engineering and mathematics education: update*. <https://www.gov.uk/government/publications/science-technology-engineering-and-mathematics-education-update>
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, (4ª ed.). SAGE Publications.
- Creswell, J. W., y Plano-Clark, V. L. (2018). *Designing and Conducting Mixed Methods Research*, (3ª ed.). SAGE Publications.
- Ekici, F. T. y Pekmezci, S. (2015). Using ICT-Supported Narratives in Teaching Science and their Effects on Middle School Students. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 14(4), 173-186. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1077655.pdf>

- Elliot, J. (2000). *Investigación-Acción en la educación*, (4ª ed.). Morata S.L.
- Fencl, H. (2010). Development of Students' Critical-Reasoning Skills Through Content-Focused Activities in a General Education Course. *Journal of College Science Teaching*, 39(5), 56-62. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=124496038&site=ehost-live&scope=site>
- Firestone, J., Wong, S. S., Luft, J. A., & Fay, D. (2012). Nature of science or nature of teachers: Beginning science teachers' understanding of NOS during their first few years in the classroom. En M.S. Khine (Ed.). *Advances in Nature of Science Research*, 189-206. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2457-0_9
- Friedman, T. (2007). *The world is flat*. Farrar, Straus and Giroux.
- Frisch, J. K. y Saunders, G. (2008). Using stories in an introductory college biology course. *Journal of Biological Education*, 42, 164-169. <https://doi.org/10.1080/00219266.2008.9656135>
- Froese-Klassen, C. (2014). A Methodology for Analyzing Science Stories. *Interchange*, 45, 153-165. <https://doi.org/10.1007/s10780-015-9232-z>
- George, L.A., y Brenner, J. (2010). Increasing Scientific Literacy About Global Climate Change Through a Laboratory-Based Feminist Science Course. *Journal of College Science Teaching*, 39(4), 28-34. <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=b4dd61df-1bf6-45dc-8b0b-13ada9751084%40sessionmgr101&bdata=JnNpdGU9ZWhvc3QtG12ZSZzY29wZT1zaXRl#AN=48444164&db=a9h>
- Godínez-Sandí, A., Fallas-Padilla, D., España-Tapia, S., Zúñiga-Villegas, A., Castro, M., y Herrera-Sancho, O. A. (2018) Converging science and literature cultures: learning physics via The Little Prince novella. *Phys. Educ.*, 53(6). <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aad721>
- González, A. y Garavito, E. (2017). Narrativas como estrategia para fortalecer la comprensión lectora en ciencias naturales. *Revista Neuronum*, 3(2), 1-16. eduneuro.com/revista/index.php/revistanuronum/article/download/84/74

- Grandy, R., & Duschl, R. (2007). Reconsidering the character and role of inquiry in school science: Analysis of a conference. *Science & Education*, 16(1), 141–166. <https://doi.org/10.1007/s11191-005-2865-z>
- Greene, J. C., Caracelli, V. J., y Graham, W.F. (1989). Toward a conceptual framework for mixed-method evaluation designs. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 11(3), 255-274. <https://doi.org/10.2307/1163620>
- Griffin, P., McGaw, B., y Care, E. (2012). The Changing Role of Education and Schools. En Griffin, P., McGaw, B., y Care, E. (Eds.), *Assessment and teaching of 21st century skills: Methods and approach (pp. 1-16)*. doi: 10.1007/978-94-017-9395-7
- Heinemann, K. (2003). *Introducción a la metodología de la investigación empírica, En las ciencias del deporte*. Editorial Paidotribo.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., y Baptista-Lucio, M.P. (2014). *Metodología de la Investigación, (6ª ed.)*. McGraw Hill Education.
- Hilton, M. (2010). *Exploring The Intersection of Science Education and 21st Century Skills*. National Research Council of the National Academies.
- International ICT Literacy Panel. (2002). *Digital transformation: A framework for ICT literacy*. Educational Testing Service.
- Irwanto, Saputro, A.D., Rohaeti, E., y Prodjosantoso, A.K. (2019). Using Inquiry-Based Laboratory Instruction to Improve Critical Thinking and Scientific Process Skills among Preservice Elementary Teachers. *Eurasian Journal of Educational Research*, 80, 151-170. <http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=47981690-fade-4608-9ef0-75d14a072d81%40sdc-v-sessmgr01&bdata=JnNpdGU9ZWwhvc3QtbG12ZSZzY29wZT1zaXRl#AN=135723348&db=ehh>
- Izquierdo, M. (1990). *Memoria del proyecto docente e investigador*. Universitat Autònoma de Barcelona.

- Izquierdo, M., García, Á., Quintanilla, M., y Adúriz-Bravo, A. (2016). *Historia, Filosofía y Didáctica de las Ciencias: Aportes para la formación del profesorado de ciencias*. (Vol. 6). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 1-124.
- Izquierdo, M.; Márquez, C. y Gouvêa, G. (2011). La función retórica de las narraciones experimentales en los libros de ciencias. Presentación de una pauta de análisis. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 6(2). <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4049>
- Kennedy, I.G., Latham, G., y Jacinto, H. (2016). *Education Skills for 21st Century Teachers: Voices From a Global Online Educators' Forum*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-22608-8>
- Kuyvenhoven, J.C. (2005). In the presence of each other: A pedagogy of storytelling. [Tesis de doctorado no publicada, The University of British Columbia]. <https://doi.org/10.14288/1.0055624>
- Lakatos, I. (1970). History of Science and Its Rational Reconstructions. *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 91-136. <http://www.jstor.org/stable/495757>
- Larison, K.D. (2018). Taking the Scientists' Perspective: The Nonfiction Narrative Engages Episodic Memory to Enhance Students' Understanding of Scientists and Their Practices. *Sci & Educ*, 27, 133-157. <https://doi.org/10.1007/s11191-018-9957-z>
- Latorre, A. (2005). *La investigación acción: Conocer y cambiar la práctica educativa*, (3ª ed.). Editorial Graó. <https://www.uv.mx/rmipe/files/2019/07/La-investigacion-accion-conocer-y-cambiar-la-practica-educativa.pdf>
- Lederman, N., Abd-el-Khalick, F., Bell, R.L. y Schwartz, R.S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Towards Valid and Meaningful Assessment of Learners Conceptions of the Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching* 39(6), 497-521. http://www.gb.nrao.edu/~sheather/For_Sarah/

l i t % 2 0 o n % 2 0 n a t u r e % 2 0 o f % 2 0 s c i e n c e /
views%20of%20nature%20of%20science%20questionnaire.pdf

- Martínez, R. (2007). *La investigación en la práctica educativa: Guía metodológica de investigación para el diagnóstico y evaluación en los centros docente*, (5ª ed.). Centro de Investigación y Documentación Educativa y Ministerio de educación y ciencia.
- Matthews, M.R. (2012). Changing the Focus: From Nature of Science to Features of Science. En M.S. Khine (Ed.) *Advances in Nature of Science Research* (pp.3-26). Springer.
- McDowel, K. (2018). Storytelling: Practice and process as non-textual pedagogy. *Education for Information*, 34, 15–19. <https://doi.org/10.3233/EFI-189003>
- Ministerio de Educación Pública. (2016). *Fundamentación Pedagógica de la Transformación Curricular*. Ministerio de Educación Pública.
- Montero, E., Rojas, S., Zamora, E., y Rodino, A. M. (2012). *Costa Rica en las Pruebas PISA 2009 de Competencia Lectora y Alfabetización Matemática*. Cuarto Informe Estado de la Educación. Programa Estado de la Nación, Consejo Nacional de Rectores.
- Murmann, M. y Avraamidou, L. (2014). Animals, emperors, senses: Exploring a story-based learning design in a Museum setting. *International Journal of Science Education*, 4, 66–91. <https://doi.org/10.1080/21548455.2012.760857>
- Navarro- Camacho, M. (2018). *El uso del relato como estrategia metodológica en la enseñanza de la ciencia*. Trabajo presentado en XIX Congreso Nacional Ciencia Tecnología y Sociedad. https://www.cientec.or.cr/sites/default/files/articulos/memorias_xix_congreso-liberia_2017-2.pdf
- Navarro-Camacho, M. (2019). La representación pedagógica de la cultura científica que realiza el profesorado de biología en educación secundaria: Estudio de casos en colegios públicos (Tesis doctoral).
- Negrete, A. y Lartigue, C. (2010). The science of telling stories: Evaluating science communication via narratives (RIRC method). *Journal Media and Communication*

studies, 2, 98–110. https://www.researchgate.net/publication/266339677_The_science_of_telling_stories_Evaluating_science_communication_via_narratives_RIRC_method

Next Generation Science Standards Lead States. (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. The National Academies Press. <https://www.nap.edu/catalog/18290/next-generation-science-standards-for-states-by-states>

Niaz, M. (2001). Understanding nature of science as progressive transitions in heuristic principles. *Science Education*, 85(6), 684-690. <https://doi.org/10.1002/sce.1032>

Norris, S. P., Guilbert, S. L., Smith, M. L., Hakimelahi, S., & Phillips, L. M. (2005). A theoretical framework for narrative explanation in science. *Science Education*, 89, 535–563. <https://doi.org/10.1002/sce.20063>

OCDE. (2017). *Marco de Evaluación y de Análisis de PISA para el Desarrollo: Lectura, matemáticas y ciencias, Versión preliminar*. OECD Publishing. https://www.oecd.org/pisa/aboutpisa/ebook%20-%20PISA-D%20Framework_PRELIMINARY%20version_SPANISH.pdf

Park, W. y Song, J. (2018). Goethe's Conception of "Experiment as Mediator" and Implications for Practical Work in School Science. *Sci & Educ*, 27, 39-61. <https://doi.org/10.1007/s11191-018-9965-z>

Phillips, L. (2013). Storytelling as Pedagogy. *Literacy Learning: The Middle Year*, 21 (2), 2-4.

Presley, M. L., Sickel, A. J., Muslu, N., Merle-Johnson, D., Witzig, S. B., Izci, K., Sadler, T.D. (2013). A Framework for Socio-Scientific Issues Based Education. *Science Educator*, 22 (1), 26 - 32. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1062183>

Prins, R., Avraamidou, L. y Goedhart, M. (2017). Tell me a Story: the use of narrative as a learning tool for natural selection. *Educational Media International*, 4(1), 20–33. <https://doi.org/10.1080/09523987.2017.1324361>

- Programa Estado de la Educación (Ed.). (2017). *Sexto Informe Estado de la Educación*. Servicios Gráficos, A. C. <https://www.estadonacion.or.cr/educacion2017/assets/ee6-informe-completo.pdf>
- Programa Estado de la Educación (Ed.). (2019). *Séptimo Informe Estado de la Educación*. Masterlitho. <https://www.uned.ac.cr/viplan/images/cppi/documentos/ESTADO-EDUCACION-2019-WEB.pdf>
- Revel Chion, A., Adúriz-Bravo, A. y Minardi, E. (2013). Formato narrativo en la enseñanza de un modelo complejo de salud y enfermedad. *Educación en Biología*, 16, 28-36. <http://www.revistaadbia.com.ar/ojs/index.php/adbia/article/viewFile/118/70>
- Sandín, M. P. (2003). Paradigmas e Investigación Educativa. En *Investigación cualitativa en educación*. McGraw-Hill.
- Sari, S. A., Jasmidi, Kembaren, A., y Sudrajat, A. (2018). The impacts of chemopoly-edutainment to learning activities and responses. *Journal of Education and Learning*, 12(2), 311–318. <http://doi.org/10.11591/edulearn.v12i2.7622>
- Saribas, D. y Bayram, H. (2009). Is it possible to improve science process skills and attitudes towards chemistry through the development of metacognitive skill embedded within a motivated chemistry lab?: a self-regulated learning approach. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 62-72. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.014>
- Sartre, J. P. (1965). *La náusea*. Losada.
- Sripongwiwat, S. Bunterm, T., Srisawat, N., y Tang, K.N. (2016). The constructionism and neurocognitive-based teaching model for promoting science learning outcomes and creative thinking. *Asia-Pacific Forum on Science Learning & Teaching*, 17(2), 1-33. <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=33d5057d-e849-48c2-863a-984de301e5eb%40sessionmgr103&bdata=JnNpdGU9ZWwhvc3QtbGl2ZSZzY29wZT1zaXRI#AN=123694565&db=ehh>

- Tan, M. (2004). Nurturing Scientific and Technological Literacy through Environmental Education. *Journal of International Cooperation in Education*, 7(1), 115-131. <https://home.hiroshima-u.ac.jp/cice/wp-content/uploads/publications/Journal7-1/7-1-11.pdf>
- Thagard, P. (2008). *La mente: Introducción a las ciencias cognitivas*. Katz Editores.
- UNESCO. (2015). *Educación 2030 - Declaración de Incheon y Marco de Acción para la realización del Objetivo de Desarrollo Sostenible 4*. UNESCO. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000245656_spa
- UNESCO. (2016). *Educación para la Ciudadanía Mundial - Preparar a los educandos para los retos del siglo XXI*. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244957>
- Vargas-Barrantes, E. (2012). La educación científica y tecnológica en Costa Rica: retos y demandas desde la secundaria. *InterSedes*, 13(26), 123-143. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/intersedes/article/view/2993/2905>
- Velázquez Avila, K., & Santiesteban Naranjo, E. (2018). Dicotomía entre habilidad y competencia. *Opuntia Brava*, 9(1), 40-49. <http://200.14.53.83/index.php/opuntiabrava/article/view/116>
- Vesterinen, V., Tolppanen, S., y Aksela, M. (2016). Towards citizenship science education: what students do yo make the world a better place? *International Journal of Science Education*, 38(1), 30-50. doi: 10.1080/09500693.2015.1125035.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: the Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.
- Yeoh, M. (2017). Global Citizenship Education in Secondary Science: A Survey on ASEAN Educators. *Journal of Science and Mathematics*, 40 (1), 63-82. https://www.researchgate.net/publication/320585657_Global_Citizenship_Education_in_Secondary_Science_A_Survey_on_ASEAN_Educators

- Yilmaz, K. (2011). The Cognitive Perspective on Learning: Its Theoretical Underpinnings and Implications for Classroom Practices. *The Clearing House*, 84(5), 204-212. <https://www.jstor.org/stable/41304374>
- Zuluaga, O.L., Echeverri, A., Martínez, A, Quiceno, H., Saénz, J. y Alvarez, A.(2003). Pedagogía y Epistemología. Editorial Magisterio. <https://mefistocastellano.files.wordpress.com/2015/09/zuluaga-y-otros-pedagogc3ada-y-epistemologc3ada.pdf>
- Zúñiga-Meléndez, A., Leiton, R., y Naranjo-Rodríguez, J.A. (2014). Del sistema educativo tradicional hacia la formación por competencias: Una mirada a los procesos de enseñanza aprendizaje de las ciencias en la educación secundaria de Mendoza Argentina y San José de Costa Rica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 11(2), 145 - 159 . <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=2ahUKEwj37nMkKLIhURxVkkHSZfDvIQFjADegQIBxAC&url=https%3A%2F%2Frevistas.uca.es%2Findex.php%2Fureka%2Farticle%2Fdownload%2F2872%2F2531%2F&usg=AOvVaw1Y41u6mmwGtl4-d1f8o2EK>

Apéndices

1. Cuestionario de concepciones de la NOS

Lea cuidadosamente las siguientes afirmaciones y clasifíquelas, marcando con una “X” la casilla que más corresponda a su opinión.

1. El método científico debe seguirse de forma rigurosa para generar resultados válidos.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

2. La ciencia no se ve afectada por la política, la socioeconomía, la cultura y / o la religión.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

3. Los experimentos pueden probar o refutar una teoría o una hipótesis.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

4. La ciencia es directa y no permite lugar a prejuicios personales.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

5. La creatividad es esencial para la formulación de ideas.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

6. El objetivo de la ciencia no es la acumulación de hechos sino el desarrollo del conocimiento científico.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

7. Los métodos científicos se utilizan en la búsqueda del conocimiento científico.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

8. La religión y la ciencia se pueden usar para explicar un fenómeno natural.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

9. El conocimiento científico está sujeto a cambios con nueva evidencia.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

10. El creacionismo debería enseñarse como un componente más de la evolución.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

11. No hay espacio para la subjetividad en la investigación científica.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

12. La evidencia científica válida no es discutible.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

13. El conocimiento científico es tentativo pero duradero.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

14. Durante la investigación, los científicos usan la imaginación solo mientras recopilan datos.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

15. Solo en ciencia podemos estar seguros de que lo que sabemos es cierto.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

16. Las leyes científicas son hechos demostrados.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

17. Los experimentos no son cruciales para el conocimiento científico.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

18. Los hechos son la prueba de las teorías.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

19. Un experimento es una secuencia de pasos realizados para probar una hipótesis.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

20. No hay verdad absoluta en el conocimiento científico.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

21. Las afirmaciones científicas cambian a medida que se aportan nuevas pruebas a estas afirmaciones.

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Totalmente de acuerdo

2. Pre-test de rendimiento en habilidades

Buenas tardes,

Estamos trabajando en un estudio que servirá para diseñar un módulo de experimentación que fortalezca habilidades científicas y sea un ejemplo innovador de modelización pedagógica acorde con el enfoque curricular del MEP.

Por tanto, quisiéramos pedir tu ayuda para que durante esta próxima hora contestés esta prueba. Las preguntas se basan en ejemplos de ítems de la prueba PISA que miden el conocimiento científico.

Tus respuestas serán anónimas y posteriormente serán codificadas e incluidas en el proyecto, pero no tienen ningún efecto en tu rendimiento académico, solamente se emplearán para fines de la investigación.

Te pedimos que contestés la prueba con la mayor sinceridad posible. Si no sabes algo, no hay problema; de hecho queremos identificar cuáles son tus dificultades para que nuestra propuesta ayude a futuros docentes.

¡Muchas gracias por tu colaboración!

¡DETENGAN ESE GERMEN!

Ya en el siglo XI, los médicos chinos manipulaban el sistema inmunitario. Al soplar polvo de costras de un enfermo de viruela en los orificios nasales de sus pacientes, a menudo podían provocar una enfermedad leve que evitaba un ataque más grave posterior. Hacia 1.700, la gente se frotaba la piel con costras secas para protegerse de la enfermedad. Estas prácticas primitivas se introdujeron en Inglaterra y en las colonias americanas. En 1.771 y 1.772, durante una epidemia de viruela, un médico de Boston llamado Zabdiel Boylston puso a prueba una idea que tenía. Arañó la piel de su hijo de seis años y de otras 285 personas y frotó el pus de las costras de viruela en las heridas. Sobrevivieron todos sus pacientes a excepción de seis.

1. ¿Qué idea estaba tratando de poner a prueba Zabdiel Boylston? (2 puntos)

2. Enumera otras dos informaciones que necesitarías para determinar el grado de éxito del método de Boylston. (2 puntos)

PETER CAIRNEY

...Otra manera que tiene Peter de obtener información para mejorar la seguridad de las carreteras es el uso de una cámara de televisión colocada sobre un poste de 13 metros para filmar el tráfico de una carretera estrecha. Las imágenes muestran a los investigadores cosas tales como la velocidad del tráfico, la distancia entre los coches y qué parte de la carretera utilizan. Después de algún tiempo se pintan líneas divisorias en la carretera. Los investigadores pueden utilizar la cámara de televisión para observar si el tráfico es ahora diferente. ¿Es el tráfico ahora más rápido o más lento? ¿Van los coches más o menos distanciados entre sí que antes? ¿Los automovilistas circulan más cerca del margen de la carretera o más cerca del centro ahora que hay líneas? Cuando Peter conozca todo esto podrá recomendar sobre si hay que pintar o no pintar líneas en carreteras estrechas.

Supón que Peter se da cuenta de que, tras haber pintado líneas divisorias en un cierto tramo de carretera estrecha, el tráfico cambia tal y como se indica a continuación.

Velocidad	El tráfico va más rápido.
Posición	El tráfico se mantiene más cerca de los márgenes de la carretera.
Distancia de separación	Ningún cambio

3. A la vista de estos resultados se decidió que deberían pintarse líneas en todas las carreteras estrechas. ¿Crees que ésta fue la mejor decisión? Explica tus razones para estar a favor o en contra. (1 punto)

- () Estoy a favor
() Estoy en contra

Razón: _____

Se aconseja a los conductores que dejen más espacio entre su vehículo y el de delante cuando viajan a mayor velocidad que cuando viajan a menor velocidad, porque los coches que van más rápido necesitan más tiempo para frenar.

4. Explica por qué un coche que va más rápido necesita más distancia para detenerse que un coche que va más lento. (2 puntos)

MAÍZ

...Ferwerda señala que el maíz que se utiliza como pienso para el ganado es, en realidad, un tipo de combustible. Las vacas comen maíz para conseguir energía. Pero, según explica Ferwerda, la venta del maíz como combustible en lugar de como pienso podría ser mucho más rentable para los granjeros.

Ferwerda sabe que el medio ambiente recibe cada vez más atención y que la legislación estatal para proteger el medio ambiente cada vez es más compleja. Lo que Ferwerda no

acaba de entender es la cantidad de atención que se está dedicando al dióxido de carbono. Se le considera la causa del efecto invernadero. También se dice que el efecto invernadero es la causa principal del aumento de la temperatura media de la atmósfera de la Tierra. Sin embargo, desde el punto de vista de Ferwerda no hay nada malo en el dióxido de carbono. Al contrario, él aduce que las plantas y los árboles lo absorben y lo convierten en oxígeno para los seres humanos.

Él afirma: "Ésta es un área agrícola y los agricultores cultivan maíz. Tiene una etapa larga de crecimiento, absorbe mucho dióxido de carbono y emite mucho oxígeno. Hay muchos científicos que dicen que el dióxido de carbono no es la causa principal del efecto invernadero".

Ferwerda compara el uso del maíz como combustible con el maíz que se usa como alimento. La primera columna de la tabla siguiente contiene una lista de fenómenos que pueden producirse cuando se quema maíz como combustible.

5. ¿Se producen también esos fenómenos cuando el maíz actúa como combustible en el cuerpo de un animal? Rodea con un círculo Sí o No para cada una de ellos. (1 punto)

<i>Quando se quema maíz:</i>	<i>¿Tiene esto lugar también cuando el maíz actúa como combustible en el cuerpo de un animal?</i>
Se consume oxígeno.	Sí / No
Se produce dióxido de carbono.	Sí / No
Se produce energía.	Sí / No

En el artículo se describe la transformación del dióxido de carbono: "...las plantas y los árboles lo absorben y lo convierten en oxígeno...". Hay más sustancias que participan en esta transformación aparte del dióxido de carbono y el oxígeno. La transformación puede representarse de la siguiente manera:

6. Dióxido de carbono + agua → oxígeno + _____

Escriba el nombre de la sustancia que falta en el espacio. (1 punto)

Al final del artículo, Ferwerda se refiere a los científicos que dicen que el dióxido de carbono no constituye la causa principal del efecto invernadero.

Carolina encuentra la siguiente tabla, en la que se muestran ciertos resultados de las investigaciones sobre los cuatro gases principales causantes del efecto invernadero.

Efecto invernadero relativo por molécula de gas

Dióxido de carbono	Metano	Óxido nitroso	Clorofluorocarbonos
1	30	160	17 000

A partir de esta tabla, Carolina concluye que el dióxido de carbono no es la causa principal del efecto invernadero. No obstante, esta conclusión es prematura. Estos datos deben combinarse con otros datos para poder concluir si el dióxido de carbono es o no la causa principal del efecto invernadero.

7. ¿Qué otros datos debe conseguir Carolina? (Seleccione la mejor respuesta). (1 punto)
- A. Datos sobre el origen de los cuatro gases.
 - B. Datos sobre la absorción de los cuatro gases que realizan las plantas.
 - C. Datos sobre el tamaño de cada uno de los cuatro tipos de moléculas.
 - D. Datos sobre la cantidad de cada uno de los cuatro gases en la atmósfera.

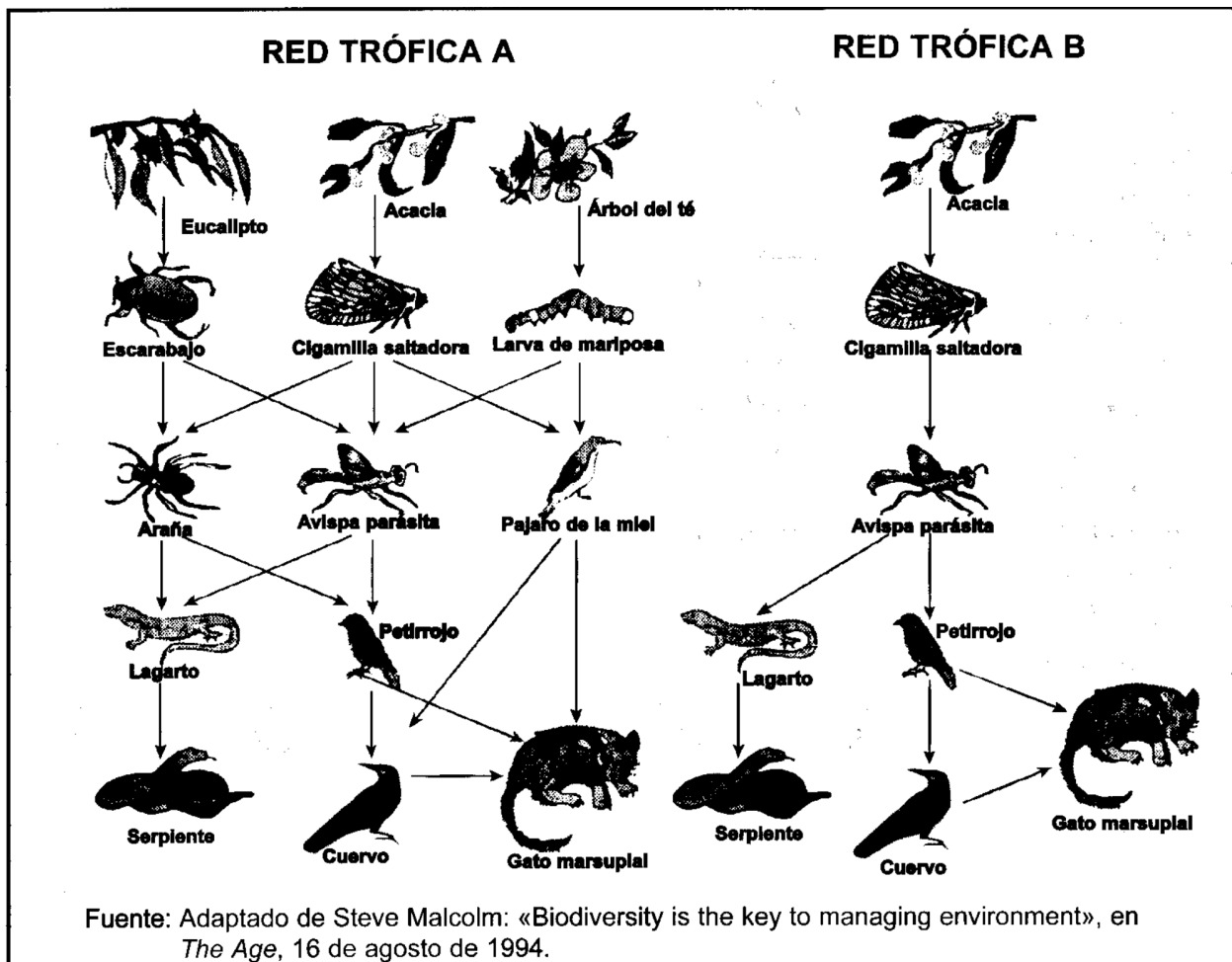
LA BIODIVERSIDAD ES LA CLAVE PARA LA GESTIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Un ecosistema que mantiene una biodiversidad alta (es decir, una amplia variedad de seres vivos) se adapta con mayor probabilidad a los cambios medioambientales causados por el hombre que un ecosistema con poca biodiversidad.

Consideremos las dos redes tróficas representadas en el diagrama. Las flechas van desde el organismo que es comido hasta el que se lo come. Estas redes tróficas son muy simples en comparación con las redes tróficas de los ecosistemas reales, pero aun así reflejan una gran diferencia entre los ecosistemas más diversos y los menos diversos.

La red trófica B representa una situación con biodiversidad muy baja, donde en algunos niveles el flujo de alimento incluye sólo un tipo de organismo. La red trófica A representa a un ecosistema más diverso y, por lo tanto, con más alternativas en los flujos de alimento.

En general, la pérdida de biodiversidad debería ser considerada seriamente, no sólo porque los organismos que se están extinguiendo representan una gran pérdida tanto por razones éticas como utilitarias (beneficios útiles), sino también porque los organismos que sobrevivan serán más vulnerables a la extinción, en el futuro.



En el artículo se dice que “La red trófica A representa un ecosistema más diverso y, por lo tanto, con más alternativas en los flujos de alimento”.

8. Observa la RED TRÓFICA A. Solo dos animales de esta red trófica tienen tres fuentes directas de alimentación ¿Qué animales son? (1 punto)

- V. El gato marsupial y la avispa parásita.
- W. El gato marsupial y el cuervo.
- X. La avispa parásita y la cigarrilla saltadora.
- Y. La avispa parásita y la araña
- Z. El gato marsupial y el pájaro de la miel

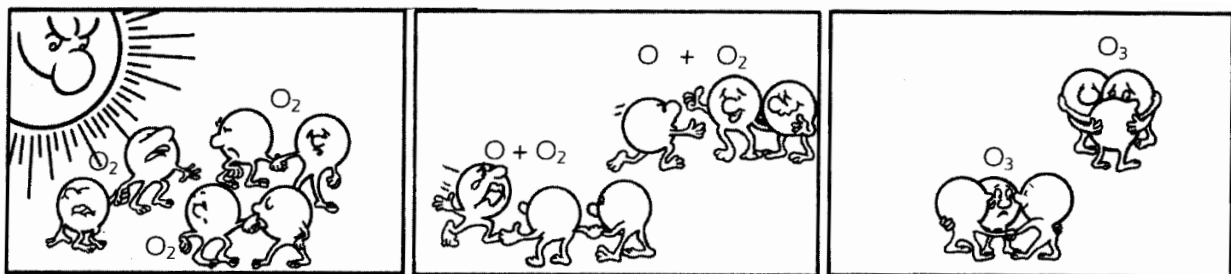
OZONO

La atmósfera es un océano de aire y un recurso natural imprescindible para mantener la vida en la Tierra. Desgraciadamente, las actividades humanas basadas en intereses nacionales o personales están dañando de forma considerable a este bien común, reduciendo notablemente la frágil capa de ozono que actúa como un escudo protector de la vida en la Tierra.

Las moléculas de ozono están formadas por tres átomos de oxígeno, a diferencia de las moléculas de oxígeno que consisten en dos átomos de oxígeno. Las moléculas de ozono son muy poco frecuentes: menos de diez por cada millón de moléculas de aire. Sin embargo, durante miles de millones de años, su presencia en la atmósfera ha jugado un papel esencial en la protección de la vida sobre la Tierra. Dependiendo de dónde se localice, el ozono puede proteger o perjudicar la vida en la Tierra. El ozono en la troposfera (hasta 10 kilómetros por encima de la superficie de la Tierra) es ozono "malo" y puede dañar los tejidos pulmonares y las plantas. Pero alrededor del 90 por ciento del ozono que se encuentra en la estratosfera (entre 10 y 40 kilómetros por encima de la superficie de la Tierra) es ozono "bueno" y juega un papel beneficioso al absorber la peligrosa radiación ultravioleta (UV-B) procedente del Sol.

Sin esta capa beneficiosa de ozono, los seres humanos serían más sensibles a cierto tipo de enfermedades provocadas por la incidencia cada vez mayor de los rayos ultravioleta del Sol. En las últimas décadas la cantidad de ozono ha disminuido. En 1974 se planteó la hipótesis de que los gases clorofluorocarbonos (CFC) podrían ser la causa de esta disminución. Hasta 1987, la evaluación científica de la relación causa-efecto no era tan suficientemente convincente como para involucrar a los clorofluorocarbonos. Sin embargo, en septiembre de 1987, diplomáticos de todo el mundo se reunieron en Montreal (Canadá) y se pusieron de acuerdo para fijar unos límites estrictos al uso de los clorofluorocarbono.

En el texto anterior no se menciona cómo se forma el ozono en la atmósfera. De hecho, cada día se forma una cierta cantidad de ozono a la vez que otra cantidad de ozono se destruye. La siguiente tira cómica ilustra el modo en que se forma el ozono.



Supón que tienes un tío que intenta entender el significado de esta tira. Sin embargo, no estudió Ciencias en el colegio y no entiende qué trata de explicar el autor de los dibujos. Tu tío sabe que en la atmósfera hay hombrecillos pero se pregunta qué representan éstos hombrecillos en la tira, qué significan estos extraños símbolos O_2 y O_3 , y qué procesos se describen en la tira. Supón que tu tío sabe:

- que O es el símbolo de oxígeno y
- lo que son los átomos y las moléculas.

9. Escribe una explicación de la tira cómica para tu familiar. En tu explicación utiliza las palabras: átomos y moléculas, del mismo modo en el que se utilizan en el primer párrafo de la página siete. (3 puntos)

En el texto inicial se dice: "Sin esta capa beneficiosa de ozono, los seres humanos serían más sensibles a cierto tipo de enfermedades provocadas por la incidencia cada vez mayor de los rayos ultravioleta del Sol".

10. Nombra una de estas enfermedades específicas. (1 punto)

Al final del texto, se menciona una reunión internacional en Montreal. En esta reunión se discutieron muchas cuestiones sobre la posible reducción de la capa de ozono. Dos de esas cuestiones se presentan en la tabla de abajo.

11. ¿Pueden contestarse las preguntas presentadas en la tabla de abajo mediante una investigación científica? Rodea con un círculo Sí o No, para cada caso. (1 punto)

Pregunta:	¿Se puede responder mediante la investigación científica?
¿Las incertidumbres científicas acerca de la influencia de los CFC en la capa de ozono, deberían ser una razón para que los gobiernos no tomen medidas de actuación?	Sí / No
¿Cuál será la concentración de CFC en la atmósfera en el año 2002 si la liberación de CFC en la atmósfera continúa en la misma proporción que hasta ahora?	Sí / No

EL DIARIO DE SEMMELWEIS

“Julio de 1846. La semana próxima ocuparé el puesto de Director del Primer Pabellón de la clínica de maternidad en el Hospital General de Viena. Me alarmé cuando me enteré del porcentaje de pacientes que mueren en esa clínica. En este mes, han muerto allí no menos de 36 de las 208 madres, todas de fiebre puerperal. Dar a luz un niño es tan peligroso como una neumonía de primer grado”.

Estas líneas del diario del Dr. Ignaz Semmelweis (1818 -1865) dan una idea de los efectos devastadores de la fiebre puerpal, una enfermedad contagiosa que acabó con muchas mujeres después de los partos.

La disección fue una parte de la investigación que llevó a cabo en el hospital. El cadáver de una persona se abrió para encontrar una causa de su muerte. Semmelweis se dio cuenta de que los estudiantes que trabajaban en el Primer Pabellón, participaban habitualmente en las disecciones de mujeres que habían muerto el día anterior, antes de hacer el reconocimiento médico a las mujeres que acababan de dar a luz. No se preocupaban mucho de lavarse después de las disecciones. Algunos, incluso estaban orgullosos del hecho de que, por su olor, se pudiera decir que habían estado trabajando en el depósito de cadáveres, ya que eso ¡demostraba lo trabajadores que eran!

Uno de los amigos de Semmelweis murió después de haberse hecho un corte durante una de esas disecciones. La disección de su cuerpo puso de manifiesto que tenía los mismos síntomas que las madres que habían muerto por la fiebre puerperal. Esto le dio a Semmelweis una nueva idea.

La nueva idea de Semmelweis tenía que ver con el alto porcentaje de mujeres que morían en los pabellones de maternidad y con el comportamiento de los estudiantes.

12. ¿Cuál era esta idea? (1 punto)

- A. Hacer que los estudiantes se lavasen después de las disecciones debería producir una disminución de los casos de fiebre puerperal.
- B. Los estudiantes no debían participar en las disecciones porque podían cortarse.
- C. Los estudiantes huelen porque no se lavan después de una disección.
- D. Los estudiantes quieren demostrar que son trabajadores, lo que les hace descuidados cuando hacen un reconocimiento médico a las mujeres.

3. Post-test de rendimiento en habilidades

Buenas tardes,

Estamos trabajando en un estudio que servirá para diseñar un módulo de experimentación que fortalezca habilidades científicas y sea un ejemplo innovador de modelización pedagógica acorde con el enfoque curricular del MEP.

Por tanto, quisiéramos pedir tu ayuda para que durante esta próxima hora contestés esta prueba. Las preguntas se basan en ejemplos de ítems de la prueba PISA que miden el conocimiento científico.

Tus respuestas serán anónimas y posteriormente serán codificadas e incluidas en el proyecto, pero no tienen ningún efecto en tu rendimiento académico, solamente se emplearán para fines de la investigación.

Te pedimos que contestés la prueba con la mayor sinceridad posible. Si no sabés algo, no hay problema; de hecho queremos identificar cuáles son tus dificultades para que nuestra propuesta ayude a futuros docentes.

¡Muchas gracias por tu colaboración!

JOSEPH LISTER

Antes del siglo XX, las cirugías eran arriesgadas porque la mayoría de los cirujanos operaban con instrumentos sucios y no se lavaban las manos. Las sábanas de las camas de los hospitales rara vez se cambiaban entre un paciente y otro. Incluso si los pacientes sobrevivían a la operación, muchos morían después debido a una infección.

Joseph Lister puso a prueba una idea que tenía. Antes de operar a un paciente, se lavaba las manos y los instrumentos quirúrgicos con ácido carbólico, una sustancia química que mata los microorganismos. Después de la cirugía, cubría las heridas de los pacientes con vendas impregnadas en ácido carbólico.

Los resultados de Lister fueron drásticos. Con sus nuevas técnicas, la cantidad de pacientes operados que morían debido a infecciones fue de 15%.

Fuente: Pearson. (2011). *Human Body Systems: Interactive Science*. Pearson Education Inc.

1. ¿Qué idea estaba tratando de poner a prueba Joseph Lister? (2 puntos)

2. Enumera otras dos informaciones que necesitarías para determinar el grado de éxito del método de Lister. (2 puntos)

LA MONTAÑA RUSA IDEAL

Se ha hecho uso de cámaras de televisión para obtener información para mejorar la seguridad en montañas rusas del país. Las imágenes muestran a los investigadores cosas tales como la velocidad de los carros, la distancia entre ellos y la experiencia del público. Después de algún tiempo se cambian los ángulos en una sección de la pista. Los investigadores pueden utilizar la cámara de televisión para observar si la experiencia es ahora diferente. ¿Es la montaña ahora más rápida o más lenta? ¿Van los carros más o menos distanciados entre sí que antes? ¿Cómo se siente el público durante el recorrido? Cuando se conozca todo esto podrá decidirse si mantener los ángulos elegidos o dejar los pasados.

Supón que los investigadores se dan cuenta de que, tras haber cambiado los ángulos en una cierta zona de pista, la experiencia cambia tal y como se indica a continuación.

Velocidad

Los carros van más rápido.

Experiencia del público

Ningún cambio.

Distancia de separación entre los carros

Los carros van más separados entre sí.

3. A la vista de estos resultados se decidió que deberían implementarse los ángulos nuevos en toda la montaña rusa ¿Crees que ésta fue la mejor decisión? Explica tus razones para estar a favor o en contra. (1 punto)

() Estoy a favor

() Estoy en contra

Razón: _____

LA LUZ DEL DÍA 22 JUNIO DE 2002

Hoy, cuando el Hemisferio Norte celebre su día más largo, los australianos tendrán su día más corto. En Melbourne, Australia, el Sol saldrá a las 7:36 y se pondrá a las 17:08, proporcionando 9 horas y 32 minutos de luz.

Compara el día de hoy con el día más largo del año del Hemisferio Sur, que será el 22 de diciembre, en el que el Sol saldrá a las 5:55 y se pondrá a las 20:42, proporcionando 14 horas y 47 minutos de luz.

El presidente de la Sociedad Astronómica, el señor Perry Vlahos, dijo que la existencia de cambios de estaciones en los Hemisferios Norte y Sur estaba relacionada con los 23 grados de inclinación del eje de la Tierra.

4. ¿Qué frase explica por qué hay día y noche en la Tierra? (1 punto)
- A. La Tierra gira sobre su eje.
 - B. El Sol gira sobre su eje.
 - C. El eje de la Tierra está inclinado.
 - D. La Tierra gira alrededor del Sol.

PÁNELES SOLARES

Los paneles solares son las estructuras que nos permiten captar la energía del Sol para transformarla en electricidad y para variedad de usos. Estas placas solares están hechas, normalmente, de aluminio y están formadas por un conjunto de varias celdas o células solares, las cuales contienen principalmente de silicio. Gracias al efecto fotovoltaico estas células de los paneles solares son capaces de capturar la radiación solar y transformarla en energía eléctrica.

Fuente: Juste, I. (2019). *Qué son los paneles solares y cómo funcionan*. Ecología Verde. Recuperado de <https://www.ecologiaverde.com/que-son-los-paneles-solares-y-como-funcionan-1836.html>

Se compara el uso de paneles solares con el proceso de fotosíntesis. La primera columna de la tabla siguiente contiene una lista de fenómenos que pueden producirse en un panel solar.

5. ¿Se producen también esos fenómenos en el proceso de fotosíntesis? Rodea con un círculo Sí o No para cada una de ellos. (1 punto)

<i>Ocurre en un panel solar:</i>	<i>¿Tiene esto lugar también ocurre el proceso de fotosíntesis?</i>
Se toma la energía del sol.	Sí / No
Se produce energía.	Sí / No
El proceso ocurre en células.	Sí / No

¿UNA MÁQUINA COPIADORA DE SERES VIVOS?

Sin lugar a dudas, si hubiera habido elecciones para escoger el animal del año 1997, ¡Dolly hubiera sido la ganadora! Dolly no es una oveja cualquiera. Es un clon de otra oveja. Un clon significa: una copia. Clonar significa copiar a partir "de un original". Los científicos han conseguido crear una oveja (Dolly) que es idéntica a otra oveja que hizo las funciones de "original".

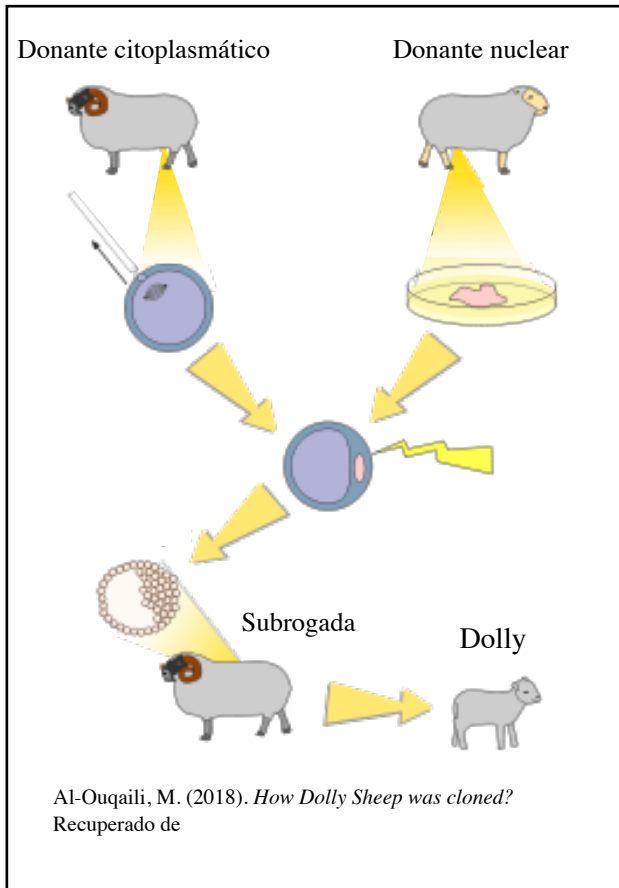
El científico escocés Ian Wilmut fue el que diseñó "la máquina copiadora" de ovejas. Tomó un trozo muy pequeño de la ubre de una oveja adulta (oveja 1).

A este pequeño trozo le sacó el núcleo, después introdujo el núcleo en un óvulo de otra oveja (oveja 2). Pero, anteriormente, había eliminado de ese óvulo todo el material que hubiera podido determinar las características de la oveja 2 en otra oveja producida a partir de dicho óvulo. Ian Wilmut implantó el óvulo manipulado de la oveja 2 en otra oveja hembra (oveja 3). La oveja 3 quedó preñada y tuvo un cordero: Dolly.

Algunos científicos piensan que, en pocos años, será también posible clonar seres humanos. Pero muchos gobiernos ya han decidido prohibir por ley la clonación.

6. ¿A qué oveja es idéntica Dolly? (1 punto)

- A. Oveja 1.
- B. Oveja 2.
- C. Oveja 3.
- D. Al padre de Dolly.



Supón que tienes una tía que intenta entender el significado de esta imagen. Sin embargo, no estudió Ciencias en el colegio y no entiende qué trata de explicar el autor de los dibujos. Tu tía se pregunta qué representan las diferentes esferas que salen de las ovejas, qué significa "citoplasmático" y "nuclear" y qué procesos se describen en el dibujo. Supón que tu tía sabe:

- qué es una célula
- qué es una subrogada

7. Escribe una explicación de la imagen para tu familiar. (3 puntos)

En la última frase del artículo se dice que muchos gobiernos ya han decidido prohibir por ley la clonación de seres humanos.

8. A continuación se mencionan dos posibles razones para esta decisión. ¿Son científicas estas razones? Rodea con un círculo Sí o No para cada caso. (1 punto)

Razón:	¿Es una razón científica?
Los seres humanos clonados podrían ser más sensibles a algunas enfermedades que los seres humanos normales.	Sí / No
Las personas no deberían asumir el papel de un Creador.	Sí / No

OZONO

La atmósfera es un océano de aire y un recurso natural imprescindible para mantener la vida en la Tierra. Desgraciadamente, las actividades humanas basadas en intereses nacionales o personales están dañando de forma considerable a este bien común, reduciendo notablemente la frágil capa de ozono que actúa como un escudo protector de la vida en la Tierra.

Las moléculas de ozono están formadas por tres átomos de oxígeno, a diferencia de las moléculas de oxígeno que consisten en dos átomos de oxígeno. Las moléculas de ozono son muy poco frecuentes: menos de diez por cada millón de moléculas de aire. Sin embargo, durante miles de millones de años, su presencia en la atmósfera ha jugado un papel esencial en la protección de la vida sobre la Tierra. Dependiendo de dónde se localice, el ozono puede proteger o perjudicar la vida en la Tierra. El ozono en la troposfera (hasta 10 kilómetros por encima de la superficie de la Tierra) es ozono "malo" y puede dañar los tejidos pulmonares y las plantas. Pero alrededor del 90 por ciento del ozono que se encuentra en la estratosfera (entre 10 y 40 kilómetros por encima de la superficie de la Tierra) es ozono "bueno" y juega un papel beneficioso al absorber la peligrosa radiación ultravioleta (UV-B) procedente del Sol.

Sin esta capa beneficiosa de ozono, los seres humanos serían más sensibles a cierto tipo de enfermedades provocadas por la incidencia cada vez mayor de los rayos ultravioleta del Sol. En las últimas décadas la cantidad de ozono ha disminuido. En 1974 se planteó la hipótesis de que los gases clorofluorocarbonos (CFC) podrían ser la causa de esta disminución. Hasta 1987, la evaluación científica de la relación causa-efecto no era tan suficientemente convincente como para involucrar a los clorofluorocarbonos. Sin embargo, en septiembre de 1987, diplomáticos de todo el mundo se reunieron en Montreal (Canadá) y se pusieron de acuerdo para fijar unos límites estrictos al uso de los clorofluorocarbono.

El ozono también se forma durante las tormentas eléctricas. Esto produce el olor característico que aparece después de esas tormentas. El autor del texto diferencia entre "ozono malo" y "ozono bueno".

9. De acuerdo con el artículo, ¿el ozono que se forma durante las tormentas eléctricas es "ozono malo" u "ozono bueno"? Escoge la respuesta correcta que va seguida de la explicación correcta según el texto. (1 punto)

	¿Ozono malo u ozono bueno?	Explicación
A	Malo	Se forma cuando hace mal tiempo.
B	Malo	Se forma en la troposfera.
C	Bueno	Se forma en la estratosfera.
D	Bueno	Huele bien.

LOS AUTOBUSES

El autobús de Raimundo, como la mayoría de los autobuses, funciona con un motor diesel. Estos autobuses contribuyen a la contaminación del medio ambiente.

Un compañero de Raimundo trabaja en una ciudad donde se usan trolebuses que funcionan con un motor eléctrico. El voltaje necesario para este tipo de motores eléctricos es suministrado por cables eléctricos (como en los trenes eléctricos). La electricidad procede de una central que utiliza carbón.

Los partidarios del uso de trolebuses en la ciudad argumentan que este tipo de transporte no contribuye a la contaminación del aire.

10. ¿Tienen razón los partidarios del trolebús? Explica tu respuesta. (1 punto)

EL CHOCOLATE

Un artículo de periódico contaba la historia de una estudiante de 22 años, llamada Jessica, que siguió una dieta basada en el chocolate. Pretendía mantenerse saludable, con un peso estable de 50 kilos, mientras comía 90 barritas de chocolate a la semana y prescindía del resto de la comida, con la excepción de una «comida normal» cada cinco días. Una experta en nutrición comentó:

“Estoy sorprendida de que alguien pueda vivir con una dieta como ésta. Las grasas le proporcionan la energía necesaria para vivir, pero no sigue una dieta equilibrada. En el chocolate existen algunos minerales y nutrientes, pero no obtiene las vitaminas suficientes. Más adelante, podría sufrir serios problemas de salud.”

En un libro en el que se habla de valores nutricionales se mencionan los siguientes datos acerca del chocolate, Supón que todos estos datos son aplicables al tipo de chocolate que come, frecuentemente, Jessica. También, considera que cada barrita de chocolate que come tiene un peso de 100 gramos.

Tabla 1. Contenido nutritivo de 100 g de chocolate

Proteínas	Grasas	Hidratos de Carbono	Minerales		Vitaminas			Energía total
			Calcio	Hierro	A	B	C	
5 g	32 g	51 g	50 mg	4 mg	-	0.20 mg	-	2142 J

Según los datos de la tabla 100 gramos de chocolate contienen 32 gramos de grasas y proporcionan 2142 kJ de energía. La nutricionista afirmó: «Las grasas le proporcionan la energía para vivir...».

11. Si alguien come 100 gramos de chocolate, ¿toda su energía (2142 kJ) procede de los 32 gramos de grasas? Explica tu respuesta utilizando los datos de la tabla. (2 puntos)

LECHE MATERNA Y ENFERMEDADES

A través del tiempo, se han realizado distintas investigaciones científicas sobre la leche materna y sus efectos en los bebés que la consumen. En específico, se ha estudiado la transmisión de enfermedades de madre a hijo(a) por medio de la leche materna.

En un estudio se descubrió que cuando las madres padecen de una enfermedad transmitida por el aire, infectan a sus hijos cuando les dan de mamar. Sin embargo, su leche se puede extraer y otra persona puede alimentar a sus hijos sin riesgo de infección.

Mientras que en otro estudio se descubrió que la leche de madres con enfermedades como varicela-zoster puede transmitir la enfermedad a los infantes (a pesar de que otra persona suministre la leche).

- 12.** ¿Qué conclusión se puede extraer del párrafo anterior? (1 punto)
- A. Utilizar mascarilla cuando se padece de una enfermedad transmitida por el aire, para dar de mamar a un bebé, puede reducir la probabilidad de contagio.
 - B. Las mamás enfermas no deben dar de mamar a sus hijos.
 - C. Los bebés prefieren beber leche cuando es suministrada por otra persona aparte de su madre.
 - D. Las mamás enfermas quieren demostrar que son buenas madres, así que a pesar de su condición de salud les proveen leche materna.

4. Lista de cotejo para observación de implementación del módulo

Sujeto de investigación:			
Narrativa implementada:			
Fecha de implementación:			
Institución educativa:			
Grado educativo:			
Observaciones	Sí	No	Comentarios
Uso de narrativa			
Introducción al tema y posteriormente se deja de lado			
Integrado en el desarrollo de la lección			
Protagónico en la lección			
Elemento de motivación			
Discurso narrativo			
Metafórico			
Biográfico			
Hechos con NOS			
Ahistórico			
Secuencialidad			
Conexión con conocimientos previos			
Discurso informativo			
Concepciones NOS			
Naturaleza empírica de la ciencia			
Teorías y leyes científicas			
Naturaleza creativa e imaginativa del conocimiento científico			
Naturaleza cargada de teoría del conocimiento científico			
Arraigo social y cultural del conocimiento científico			
Naturaleza provisional del conocimiento científico			

Observaciones	Sí	No	Comentarios
Distintas cosmovisiones y religiones			
Feminismo			
Motivaciones de los científicos			
Validación de nuevos métodos (mito del método científico)			
Empirismo (experiencia)			
Relación con la vida cotidiana			
Experimentación			
Demostración			
Habilidades promovidas			
Creatividad e innovación			
Pensamiento crítico, resolución de problemas y toma de decisiones			
Aprender a aprender y metacognición			
Comunicación			
Colaboración y trabajo en equipo			
Alfabetización informacional			
Alfabetización TIC			
Vida y carrera			
Responsabilidad personal y social			
Ciudadanía global y local			

5. Módulo de experimentación basado en la naturaleza de las ciencias y presentado con discurso narrativo para el fortalecimiento de habilidades científicas.

Acceso en línea: <https://drive.google.com/file/d/1ghuDUP6ldschiczdA2wE0rK4t0hOmpbT/view?usp=sharing>

6. Video: ¿Por qué amamos a las ballenas

Acceso en línea: <https://www.youtube.com/watch?v=pSmA4kIDEW4>

7. Video: Jardines de almejas

Acceso en línea: <https://www.youtube.com/watch?v=8ZwVzErYV8c>

8. Video: ¿Para qué jardines de almejas si se están desintegrando?

Acceso en línea: <https://www.youtube.com/watch?v=pR-ksBScpfQ>

9. Video: De Costa Rica a los extremos

Acceso en línea: <https://www.youtube.com/watch?v=KooWaZG9Vd4>