

VISIÓN SOBRE NATURALEZA DE LAS CIENCIAS DE ESTUDIANTES SECUNDARIOS EN CHILE

VISION ABOUT NATURE OF SCIENCES ON HIGH SCHOOL CHILEAN STUDENTS

Araceli Carrizo, Heinz Redenz y Pamela Palomera *

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo diseñar y validar un instrumento que permita conocer la visión acerca de Naturaleza de las Ciencias (NdC) que poseen estudiantes secundarios inmersos en el sistema educativo chileno. El desarrollo del instrumento "¿Cómo vemos la Ciencia?" contempló una revisión bibliográfica, una estructura en escala Likert de cinco niveles que contenía 42 reactivos distribuidos equitativamente en las siguientes seis dimensiones: económica, utilitaria, democrática, cultural, moral y aprendizaje de las ciencias, se valida dos veces por cinco jueces expertos especialistas en el área de educación en ciencias alcanzando una validez de constructo que supera el 90% de acuerdo entre jueces expertos y un índice kappa cercano a 0,7. Luego, se ha recolectado una muestra (N=229) de datos de la población objetivo obteniendo una fiabilidad y validez correctas

Palabras Clave: Naturaleza de las Ciencias, Educación en Chile, Validación cuestionario, Visión de Ciencia, Estudiantes secundarios

Abstract

The objective of this research is to design and validate an instrument that allows to know the vision about Nature of Sciences (NoS) that high school students immersed in the Chilean educational system have. The development of the instrument "¿Cómo vemos la ciencia?" contemplated a bibliographic review, a structure on a five-level Likert scale that contained 42 items distributed equitably in the following six dimensions: economic, utilitarian, democratic, cultural, moral and science learning, it is validated twice by five expert judges specialized in the area of science education reaching a construct validity that exceeds 90% agreement between expert judges and a kappa index close to 0.7. Then, a sample (N = 229) of data has been collected from the target population, obtaining correct reliability and validity

Keywords: **Technology:** Nature of Sciences, Education in Chile, Questionnaire validation, Vision of Science, Secondary students.

* Departamento de Física, Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación.
pamela.palomera@umce.cl

Introducción

Actualmente, a nivel mundial, se establecen tres grandes aspectos para considerar un país con un desarrollo sostenible en el tiempo. Dicha categoría implica una población científicamente preparada que aporte en miras hacia una sociedad sostenible, justa y equitativa (Macedo, 2016). En donde la Ciencia y los conceptos científicos son utilizados cada vez con mayor frecuencia, no sólo por los científicos o especialistas técnicos, sino que por toda la población humana; al punto de que “La ciencia y la tecnología constituyen hoy un poderoso pilar del desarrollo cultural, social, económico y, en general, de la vida en la sociedad moderna” (Cañedo Adalia, 2001). Esta información sobre la relevancia de la Ciencia y la Tecnología en la vida de las personas tienen como consecuencia el aumento de la valoración de la enseñanza de la Ciencia como algo fundamental y necesario para la formación de todos los estudiantes y no sólo de aquellos que, en el futuro, serán científicos o técnicos. Al respecto, Sanmartí (1997) señala que la necesidad de enseñar ciencias es reconocida actualmente en todo el mundo. A lo anterior se suma la existencia de una necesidad cultural de que la ciudadanía se apropie, no solo de los contenidos y conceptos de la Ciencia, sino que también de las habilidades y actitudes presentes en el desarrollo científico. La importancia de la relación Ciencia-Ciudadanía es descrita por Vilches et al. (2004) "(la ciencia) puede ofrecer, a la futura ciudadanía en formación, un marco de análisis e interpretación de la realidad que le permita actuar para construir un mundo más justo socialmente y más sostenible ecológicamente".

En ese sentido en nuestro país se realiza un ajuste curricular el año 2019 el cual declara en sus propósitos formativos que busca "promover una comprensión integrada de fenómenos complejos y problemas que ocurren en nuestro quehacer cotidiano, para formar un ciudadano alfabetizado científicamente, con capacidad de pensar de manera crítica, y participar y tomar decisiones de manera informada basándose en el uso de evidencia"(MINEDUC, 2019).

Además, en el mismo currículum se declara un gran problema de esta nueva implementación: la interdisciplinaridad. Es decir, se considera que aún no están las bases para poder unir todas las disciplinas del currículum. Por otra parte, es sabido que los estudiantes de educación formal u obligatoria poseen prejuicios sobre las Ciencias y en particular la Física (Cofré et al., 2010). Ellos (los estudiantes) consideran que son asignaturas complejas debido a los contenidos y al uso de las matemáticas, por lo que su interés para seguir estudiando Ciencias es reducido cada vez que se ven enfrentados a estos contenidos. De las distintas interpretaciones que se pueden hacer para entender la construcción de este prejuicio por parte del estudiantado, debemos considerar también la forma en que son presentados y tratados los contenidos de y sobre la ciencia en la formación de los estudiantes. (Cofré et al., 2010)

Finalmente, para unir el propósito mundial de la educación del siglo 21 propuesto por la UNESCO (1999) con las nuevas metodologías propuestas por el currículum nacional debemos responder lo siguiente: ¿Sabemos cómo ven la ciencia nuestros estudiantes secundarios en Chile?, lo que nos lleva a la pregunta de investigación: ¿Cuál es la visión que tienen los estudiantes secundarios en Chile acerca de la Naturaleza de las Ciencias?

Esta investigación tiene como objetivo diseñar y validar un instrumento que permita conocer la visión acerca de Naturaleza de las Ciencias (NdC) que poseen estudiantes secundarios

inmersos en el sistema educativo chileno, para determinar bajo qué parámetros la NdC puede ir posicionándose como la educación tradicional y normativa de las escuelas en la actualidad.

Metodología

El proceso de investigación se enmarca en el enfoque cuantitativo debido a que utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías. (Hernández Sampieri et al., 2014)

Esta investigación se enfoca en la validación de un instrumento elaborado por los investigadores y que pretende lograr recolectar información acerca de la visión que poseen estudiantes secundarios en Chile acerca de la Naturaleza de las Ciencias.

Lo anterior va en estrecha sincronía con el objetivo de la investigación el cual pretende diseñar y validar una encuesta tipo cuestionario en el ámbito de las ciencias sociales. Por otro lado, se ha optado por utilizar el manual de Kline (2011) como guía para el uso de los conceptos y técnicas asociadas a los Modelos de Ecuaciones Estructurales o SEM por sus siglas en inglés. La SEM corresponde a una poderosa herramienta, en el ámbito de la psicología, a la hora de estudiar conceptos no medibles como lo son la felicidad, la depresión y la autoestima; sin embargo, para el desarrollo de esta investigación, los aspectos no medibles de la NdC se identifican como: económicos, democráticos, cultural, moral, aprendizaje de la ciencia y utilitario. Es por esto que las dimensiones son entendidas como variables latentes, esto quiere decir que no son observables a priori y que es necesario la utilización de más de un ítem, reactivo o variables observables para llegar a conocerlos.

La idea de la SEM es analizar la covarianza y la varianza común de los reactivos y agruparlos de acuerdo con la relación que poseen entre ellos y qué tanto de la varianza común pueda explicar estando agrupados. Este análisis tiene como finalidad tres objetivos básicos fundamentales (Kline, 2011):

- 1) El modelo debe tener sentido conceptualmente.
- 2) El modelo debe ser razonablemente parsimonioso.
- 3) El modelo debe tener una correspondencia aceptable con los datos.

De esta forma, es posible analizar una gran variedad de reactivos, que es uno de los criterios de la validez del contenido, para luego reducirlo a sus componentes principales y así poder hacer la encuesta aplicable al contexto del aula. Por otro lado, también se utiliza como guía para el análisis y validación de la encuesta las investigaciones de Serrallé (2021), Susana Lloret-Segura (2014), López-Aguado (2019); Ferrando, Pere Joan; Anguiano-Carrasco, Cristina (2010) y el libro de aplicaciones de la SEM, Khine (2013).

Además, los trabajos de Lorenzo-Seva, U., & Ferrando, P. J.(2014) han sido un gran aporte para entender los nuevos métodos utilizados en el análisis factorial, así como también el programa computacional desarrollado por los mismos autores de licencia libre llamado Factor Análisis, ya en su 11° versión, que ha sido la principal herramienta utilizada para la

realización del análisis implicados en la validación de una encuesta psicométrica, ya que como explican los autores, las aplicaciones psicométricas son su principal objetivo, aun siendo una herramienta de gran flexibilidad utilizada en todo tipo ámbitos, de los que podríamos mencionar la biología y la economía.

Cabe mencionar que la todos los análisis se hicieron de manera preliminar y tentativa mediante el programa de licencia libre Jamovi, que es un programa basado en el lenguaje de R y que implementa paquetes de R Cran, por lo que es un programa más enfocado a todo tipo de análisis estadísticos, lo que hace los cálculos más rápidos, pero también menos robustos.

Para realizar el análisis factorial confirmatorio, se utilizó R y Rstudio, junto con variados paquetes de R Cran siendo el más destacado el llamado *Psyque*. Por último, se utiliza el programa Excel principalmente para la gestión de la base de datos, aplicando filtros, cambiando de formatos para los distintos programas, eliminando información innecesaria para los análisis.

Diseño y construcción del instrumento

Inicialmente, se llevó a cabo una revisión de la bibliografía sobre todo lo referente al concepto Naturaleza de las Ciencias. De las diversas corrientes y definiciones que han surgido al respecto; se decanta por utilizar en aspectos generales las dimensiones propuestas por (Driver et al., 1996). En dicho artículo se mencionan las razones por las cuales se debe enseñar ciencia a los jóvenes, el alcance que debe tener dicha enseñanza y el nivel adecuado para cada rango de edad. En lo específico las dimensiones de Driver fueron complementadas y definidas por los investigadores, con los aportes de Lederman, Cofré y Acevedo, para luego ser transformadas en definiciones operacionales con las que se generaron los ítems asociados a cada dimensión.

De esta forma estructurar el instrumento en un constructo denominado Naturaleza de las Ciencias que está compuesto por seis dimensiones o variables latentes: económica, utilitaria, democrática, cultural, moral y aprendizaje de las ciencias.

Validación del contenido

Una vez creado, el instrumento fue sometido a una validación por cinco jueces expertos, tres mujeres y dos hombres especialistas en el área de educación en ciencias a los cuales se les proporcionó el instrumento de validación para jueces, el cual trae una introducción de la investigación, propósitos, referentes teóricos, las definiciones del constructo y las dimensiones propuestas para luego preguntarles por tres aspectos. Primero, se pregunta por la claridad en la redacción, segundo, se pregunta por sobre si el ítem es pertinente al constructo presentado, y por último se pregunta por sobre si está bien asociado el ítem con las dimensiones propuestas. Cada aspecto consta de una respuesta de si/no y un espacio para entregar las observaciones que estimen convenientes.

Las respuestas y observaciones se analizarán por separado: a) primero, con las respuestas calculamos el grado de acuerdo entre los jueces usando el método de V de Aiken para respuestas dicotómicas. También se calculó la concordancia entre jueces utilizando el método de *multi rater free-marginal kappa*, un estadístico generalizado del conocido Kappa de Cohen (López-de-Ullibarri & Pita-Fernández, 1999). b) segundo, las observaciones fueron

sintetizadas para cada reactivo con el fin de tener una visión global de los ítems para luego analizarlas en su debido mérito.

A partir de los resultados de la primera etapa se realizaron ajustes a los reactivos que lo necesitaron, tomando en consideración la mayor cantidad de observaciones posibles. Luego, se les hizo llegar a los cinco jueces las correcciones de los ítems y se les preguntó si estaban de acuerdo con los cambios realizados a cada reactivo, se agregó nuevamente la opción de observaciones.

Población, Muestra y Análisis de fiabilidad

En primer lugar, para realizar los análisis de fiabilidad son necesarios datos de la población objetivo, se recolectaron los datos vía remota a través de la plataforma de *Google Forms* y utilizando un método de muestreo por conveniencia, ya que la actual situación de pandemia impide reuniones sociales y la asistencia total o mayoritaria de los estudiantes al aula. De esta forma el formulario fue socializado a través de las redes sociales y los contactos de los investigadores a cargo. Los datos serán anónimos y tratados bajo estrictos protocolos de confidencialidad.

Luego, los ítems fueron analizados descriptivamente respecto al comportamiento en general de los datos obtenidos, con el objetivo de verificar los supuestos de normalidad, su relación individual con el resto y la consistencia interna de las dimensiones propuestas. Se presentan los siguientes estadísticos: media, desviación estándar, asimetría, curtosis, correlación del ítem con su escala o dimensión, alpha sin el ítem y omega sin el ítem, dentro de su escala. Y, en general, se presentan los estadísticos de: alpha ordinal para todos los ítems, omega de McDonald y además la matriz de correlaciones, en la que se busca indicios de colinealidad. Los ítems que logren superar estas barreras serán utilizados en el análisis factorial.

Validación de Constructo: Análisis factorial

El análisis factorial tiene dos aproximaciones interesantes que serán utilizadas, una es el llamado análisis factorial exploratorio o no restrictivo, en el que los ítems son analizados respecto a su correlación, en búsqueda de una estructura subyacente. Y la otra aproximación es el análisis factorial confirmatorio o restrictivo, en el que se plantea una estructura subyacente de los ítems para luego contrastar esta hipótesis con los datos obtenidos.

Estas aproximaciones entregarán información valiosa tanto para los ítems individualmente como el instrumento en general, es por esto que al finalizar los dos métodos se presenta un esquema resumen, con toda la información obtenida para cada ítem, es quiere decir que se incluirá lo conocido por los jueces, lo que se conoce por medio del análisis de fiabilidad y lo que se conozca del análisis factorial. De esta forma se espera ordenar la información recopilada hasta ahora con esta primera muestra piloto, con el fin de poder tomar decisiones sobre qué hacer con cada ítem.

Análisis factorial exploratorio

Para realizar el análisis de los factores, es necesario revisar los supuestos o pruebas recomendadas para saber si un conjunto de datos es recomendable o no para este tipo de análisis. Estas pruebas son:

- 1) El determinante de la matriz de correlaciones, como una medida para saber si existe relación entre un conjunto de variables, se espera que este valor sea mayor a 0 y positivo, lo que es indicativo de relación entre las variables
- 2) El test de Esfericidad de Bartlett, que es una prueba estadística en la cual se compara la matriz unitaria con la matriz obtenida por los datos, para rechazar la hipótesis de que la matriz de datos no es más que la matriz unitaria es necesario obtener un p-valor inferior a 0,05.
- 3) El índice Kaiser-Meyer-Olkin KMO, este índice de adecuación muestral tiene que presentar un valor por sobre 0,8 para considerarse una buena muestra de datos.

Este análisis, que en palabras simples es un método de reducción de variables, supone una serie de pasos y decisiones necesarias para lograr una interpretación consistente con la teoría. Para comenzar, se han utilizado dos métodos que determinan el número de factores a utilizar, esto con el fin de compararlo con las seis dimensiones que se proponen. Luego, es necesario determinar la matriz desde la cual se trabaja, esto significa que, si los datos son normales y continuos se puede trabajar con una matriz de correlaciones de Pearson, en caso de existir ítems ordinales o con exceso de asimetría, se sugiere trabajar con una matriz policórica, aunque esto tome más tiempo de cómputo y sean necesarias muestras más grandes, como explica Lorenzo-Seva y Ferrando. El método de estimación utilizado es el *Unweighted Least Square* (ULS) o también conocido como MINRES.

Por último, es qué tipo de rotación emplear, ya que los factores son de un mismo constructo se espera que estén relacionados, es por lo anterior que se utiliza un método de rotación oblicua ObliMin. En caso de no existir correlación entre dimensiones se recomienda usar Varimax.

Con esta configuración se procesarán los datos de manera iterativa hasta conseguir resultados consistentes, esto quiere decir que se removerán de la encuesta los ítems que no cumplan con los siguientes criterios. a) Que posea una carga factorial por sobre los 0,3 en al menos una dimensión, b) Que la diferencia entre la carga factorial principal de un ítem tiene que ser mayor a 0,15 con el resto.

Análisis factorial confirmatorio

Este análisis se lleva a cabo luego de la realización del análisis factorial exploratorio para confirmar la estructura factorial del conjunto de datos.

El análisis factorial confirmatorio se ejecuta utilizando el paquete *lavaan* y, además, para generar los índices de ajuste de los modelos se utilizó el paquete *Psyque*. De esta forma, utilizando la muestra inicial del cuestionario (N=229) se contrastaron dos modelos, el primero considerando todos los ítems y el segundo utilizando sólo los ítems que mostraron buen comportamiento en el análisis de fiabilidad, estos son 30 ítems.

Tabla 1. Definiciones operacionales de cada dimensión

Dimensión	Expresión de la dimensión
Económico.	Se requiere de científicos calificados para mantener y desarrollar los procesos industriales de los cuales depende la prosperidad nacional, entendiendo el progreso de la Ciencia y sus ideas como un producto de valor económico. Por lo tanto, se entiende la ciencia como una empresa humana, y como tal se practica dentro de un contexto cultural determinado y es influida por los cambios sociales, políticos, filosóficos o religiosos en los que tenga lugar.
Utilitario.	Se entiende como un requisito la necesidad actual de comprender algo de ciencia para manejar los objetos y procesos tecnológicos que encontramos en nuestra vida diaria.
Democrático.	En una democracia es deseable que la mayor cantidad posible de personas puedan participar, analizar y tomar decisiones bien informadas en discusiones y debates tecnocientíficos con interés social. Es de suma importancia que aquellos que están a cargo de tomar las decisiones de grandes implicancias tengan conocimientos sobre ciencia y tecnología.
Cultural.	La comprensión de la ciencia es un logro mayor, de orden cultural, todos debemos ser capaces de apreciar su valor como un elemento importante en la cultura contemporánea. El desarrollo del conocimiento científico es un trabajo cooperativo y colaborativo basado en la comunicación y el logro de consensos que en todos los ámbitos del saber es posible aplicar y sacar beneficios de los métodos de la ciencia.
Moral.	La comprensión de la NdC ayuda a entender mejor las normas y valores de la comunidad científica que contienen compromisos éticos con un valor general para la sociedad. Por lo tanto, la práctica científica de la sociedad en general es de amplio valor incorporar normas y compromisos que den cuenta de un proceso riguroso que aproxima la labor científica a todas las personas.
Aprendizaje de la ciencia.	El entendimiento de la naturaleza de la ciencia contribuye al aprendizaje exitoso del contenido científico, facilita el aprendizaje de los contenidos de las materias científicas y el consiguiente cambio conceptual. Los contenidos de la NdC son entendibles para los jóvenes mientras se les sea enseñado de una manera adecuada, para poder generar un entendimiento duradero de las ciencias es necesario formar un concepto acabado de la naturaleza de las ciencias.

Resultados

Los resultados para cada una de las fases de la metodología se presentan a continuación

Diseño y construcción del instrumento

En esta primera etapa, y utilizando las definiciones operacionales se generaron siete ítems para cada dimensión, por lo que el instrumento constó de 42 ítems en su etapa inicial, estos ítems son evaluados en una escala Likert de cinco niveles, que va desde el muy en desacuerdo y el muy de acuerdo. Se presentan a continuación las definiciones operacionales para las seis dimensiones y los 42 reactivos iniciales.

Tabla 2. Reactivos del instrumento con la respectiva dimensión

Nº ítem	Reactivo	Dimensión
1	Si deseo saber la altura de un edificio debo saber cuántos pisos tiene.	Aprendizaje de la ciencia
2	Las vacunas proporcionan una barrera de salud al organismo.	Democrático
3	La tecnología es una herramienta que nos entrega la Ciencia.	Utilitario
4	Si leo en una etiqueta: "Científicamente comprobado", elijo sin dudar el producto.	Utilitario
5	El acceso al conocimiento científico debe estar asegurado por el Estado.	Democrático
6	La teoría del Big-Bang explica irrefutablemente el origen del universo.	Aprendizaje de la ciencia
7	La ciencia sólo puede ser replicada en un laboratorio.	Moral
8	Las labores de los científicos deben ser replicadas en la enseñanza de la ciencia.	Cultural
9	La Ciencia no puede jugar a ser "Dios"	Moral
10	La Ciencia sólo puede ser ejecutada por Científicos.	Económico
11	Me gusta la ciencia.	Aprendizaje de la ciencia
12	Es más fácil leer sobre ciencia que experimentar ciencia.	Cultural
13	Todas las personas tienen que tomar decisiones tecnológicas día a día, por lo que saber sobre ciencia resulta necesario.	Democrático

14	La ciencia y la tecnología proporcionan una mejor calidad de vida.	Económico
15	La ciencia es una creencia.	Moral
16	El acceso a publicaciones científicas debería ser universal y gratuito.	aprendizaje de la ciencia
17	El conocimiento científico ha alcanzado un grado de complejidad elevado, no apto para toda la población.	Económico
18	Cuando compro un producto electrónico primero leo las instrucciones y luego lo utilizo.	Utilitario
19	Los ciudadanos tienen que ser capaces de opinar sobre los sucesos tecnológicos que ocurren en su época.	Cultural
20	El propósito de la ciencia es desarrollar nuevas tecnologías.	Económico
21	Leer las instrucciones de armado de un producto es sencillo.	Utilitario
22	Las autoridades públicas gubernamentales debieran tener conocimientos en ciencia para mejorar su gestión.	Democrático
23	Si no sé llegar a un lugar, utilizo mi celular para buscar la dirección.	Utilitario
24	El cambio climático es un problema que afecta a todas las personas.	Democrático
25	Los modelos y teorías científicas son las que mejor explican los fenómenos observados.	Moral
26	Las investigaciones científicas han visibilizado el cambio climático.	Cultural
27	El avance científico proporciona a los países una mejora en la salud.	Económico
28	Asistiría con mayor frecuencia a los museos si fueran gratis.	Democrático
29	Me gusta participar en ferias científicas.	Aprendizaje de la ciencia
30	La cultura es importante para la creatividad científica.	Cultural
31	Los avances científicos proporcionan cultura a una sociedad.	Cultural
32	Las culturas precolombinas no desarrollaron conocimiento científico.	Moral
33	La astrología es una ciencia.	Moral

34	Si se enseña ciencia desde una temprana edad, se logra una mejor comprensión de esta.	Aprendizaje de la ciencia
35	Los avances científicos deben estar limitados por instituciones sociales.	Democrático
36	Normalmente utilizo plataformas como: Google, YouTube, Wikipedia.	Utilitario
37	La ciencia genera un vínculo entre personas de todo el mundo.	Cultural
38	La tecnología es una solución a las necesidades del ser humano.	Utilitario
39	Las personas necesitan saber sobre ciencia para desarrollar una vida sustentable.	Aprendizaje de la ciencia
40	La ciencia tiene el potencial de generar soluciones sustentables y económicamente viables.	Económico
41	Los países desarrollados destacan por sus grandes avances en tecnología.	Económico
42	Las investigaciones científicas son concretadas por personas adultas que poseen años de estudio.	Moral

Validación del contenido

Los resultados para el estadístico V de Aiken se presentan de dos formas, con respecto a las preguntas hechas a los jueces y agrupadas con respecto a la dimensión. De esta forma, el grado de acuerdo para cada una de las preguntas hechas a los jueces, se presentará además con el límite inferior de IC al 95%. Redacción: 0,90; [0,47], Constructo: 0,92; [0,49], Dimensión: 0,89; [0,45].

Separando las respuestas por dimensiones se obtiene la Tabla 3, en el que se presentan el acuerdo de los jueces y el promedio por dimensión de las preguntas hechas a los jueces.

Los resultados obtenidos para la concordancia de los jueces a través del método free-marginal kappa con su respectivo IC 95% son: Redacción: 0,7 - [0,57;0,82]. Constructo: 0,75 - [0,62;0,88]. Dimensión: 0,68 - [0,53;0,82].

Hablando respecto a las observaciones recibidas por el total de ítems, un 69% tuvo al menos una observación, dentro de estas encontramos errores ortográficos menores, ítems considerados incompletos, contradicciones y cambios de dimensión. De estos ítems con observaciones, el 76% de estos resultaron con modificaciones. Esto quiere decir que del total de ítems se modificó un 52% de estos, tras la revisión de los jueces.

Por consiguiente, se realizaron los cambios tomando en consideración la mayor cantidad de información posible, se presenta a continuación un cuadro con los ítems modificados, su versión inicial, un resumen de los comentarios de los jueces y su versión final.

Por último, para la consulta a los jueces sobre los cambios realizados, fueron aceptados en un 93% y fueron recibidas tres observaciones, con las cuales no se realizaron modificaciones posteriores.

Población, Muestra y Análisis de fiabilidad

La información respecto al total de la población objetivo fue consultada en el informe de Variación de la matrícula preliminar 2021, elaborado por la unidad de estadística del Centro de Estudios del Mineduc, con fecha de julio del 2021. En este documento se detalla la variación de la matrícula entre los años 2019- 2021. La información sobre la matrícula en el sistema escolar chileno se actualiza con los reportes enviados por los establecimientos educacionales hasta el 30 de abril de cada año. Por lo que esta es una fuente actual y confiable.

La población objetivo se caracteriza como aquella que forma parte del sistema escolar chileno, y que está dentro de los niveles que van desde 7° básico a 4° medio. Debido a la naturaleza de los datos, no es posible conocer en específico la matrícula para 7° y 8° básico de la educación de adultos. Por lo que la población total es la suma de la matrícula de las distintas dependencias administrativas de los establecimientos educacionales, desde 7° básico a 4° medio para la educación regular y desde 1° medio a 4° medio en la educación para adultos. Esto quiere decir que la población total de este estudio es de 1.556.572, de esta se obtuvo una muestra de 235 encuestas de las cuales 229 de las personas aceptaron formar parte de esta investigación, lo que representa el 0,015% de la población total.

Análisis de confiabilidad

Al observar la matriz de correlaciones se logran apreciar grupos de variables, que es un buen indicio de que existe más de una variable latente involucrada. Además, constatamos que no existen indicios de multicolinealidad ya que no hay correlaciones por sobre los 0,5.

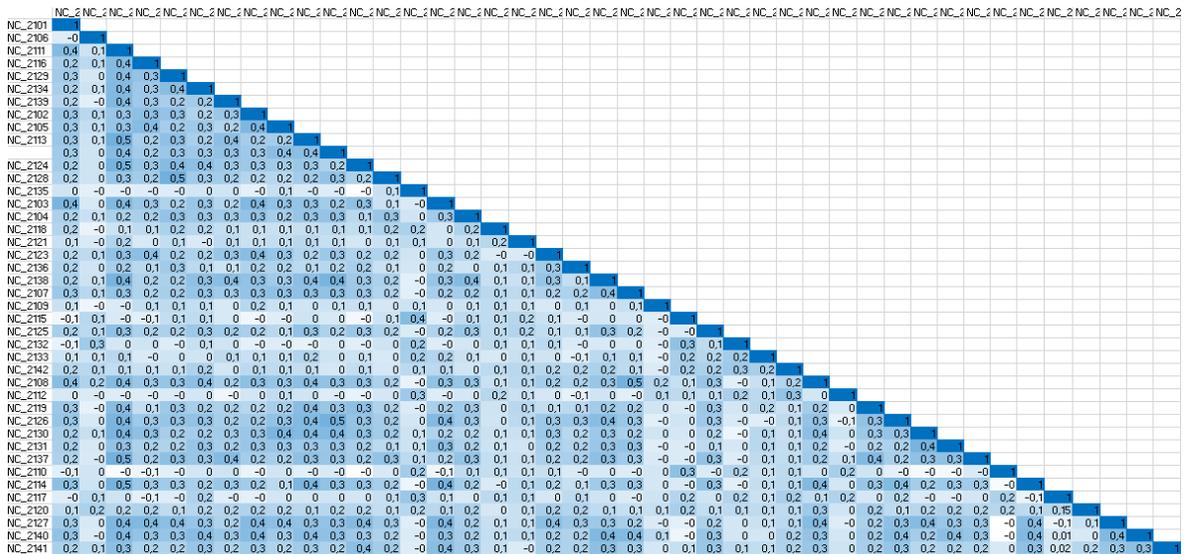


Figura 1. Matriz de correlación

A continuación, se presentan las tablas con los estadísticos descriptivos y de fiabilidad de las respuestas a los ítems para cada dimensión. Para una mejor lectura de las tablas se utilizará la siguiente simbología: M = media; DT = desviación típica; As = asimetría; K = Curtosis; r = coeficiente de correlación entre el ítem y el resto de la escala; α_{sin} = Coeficiente alpha de Cronbach si el ítem fuese eliminado; ω_{sin} = Coeficiente omega de McDonald si el ítem fuese eliminado. El grado de acuerdo con los ítems manifestados va del 1 (mínimo acuerdo) al 5 (máximo acuerdo).

Tabla 3. Análisis de confiabilidad para la dimensión: Aprendizaje de las ciencias.

Dimensión: Aprendizaje de las ciencias							
Cronbach's $\alpha = 0.702$							
McDonald's $\omega = 0.719$							
	M	DT	As	K	r	α_{sin}	ω_{sin}
1. Para estimar la altura de un edificio, existen distintos métodos para averiguarlo, unos más rigurosos y precisos que otros.	4.44	0.779	0,116	-1,107	0.348	0.687	0.705
11. La Ciencia me permite aprender cosas nuevas todos los días.	4.63	0.736	-2,086	4,114	0.609	0.615	0.626
16. El acceso a publicaciones científicas debiese ser universal y gratuito.	4.54	0.803	-2,113	4,935	0.430	0.663	0.687
29. Participar en ferias científicas me permite aprender distintas formas de ver y hacer ciencias.	4.39	0.928	-1,546	1,852	0.449	0.657	0.682
34. Si se enseña ciencia desde una temprana edad, se logra una mejor comprensión de esta.	4.55	0.797	-1,830	2,934	0.443	0.660	0.683
39. Las personas necesitan saber sobre ciencia para desarrollar una vida sustentable.	3.93	1.063	-0,690	-0,408	0.375	0.691	0.699

Tabla 4. Análisis de confiabilidad para la dimensión: Cultural.

Dimensión: Cultural Cronbach's $\alpha = 0.710$ McDonald's $\omega = 0.711$							
	M	DT	As	K	r	α_{sin}	ω_{sin}
8. Las labores de los científicos deben ser replicadas en la enseñanza de la ciencia.	4.24	0.864	-1,112	1,067	0.407	0.681	0.683
19. Los ciudadanos tienen que ser capaces de opinar sobre los sucesos tecnológicos que ocurren en su época.	4.38	0.784	-0,960	-0,162	0.419	0.678	0.682
26. Las investigaciones científicas han visibilizado el cambio climático.	4.45	0.839	-1,815	3,771	0.406	0.681	0.683
30. La cultura es importante para la creatividad científica.	4.30	0.932	-1,356	1,539	0.533	0.640	0.643
31. Los avances científicos proporcionan cultura a una sociedad.	4.22	0.901	-0,954	0,351	0.423	0.676	0.679
37. La Ciencia genera un vínculo entre personas de todo el mundo.	4.14	0.984	-0,944	0,296	0.461	0.665	0.667

Tabla 5. Análisis de confiabilidad para la dimensión: Democrático.

Dimensión: Democrático Cronbach's $\alpha = 0.562$ McDonald's $\omega = 0.627$							
	M	DT	As	K	r	α_{sin}	ω_{sin}
2. Las vacunas proporcionan una barrera de protección a la salud del organismo.	4.46	0.740	-1,377	1,947	0.406	0.617	0.635
5. El acceso al conocimiento científico debe estar asegurado por el Estado.	4.35	0.973	-1,469	1,625	0.422	0.606	0.624

13. Todas las personas tienen que tomar decisiones sobre tecnología día a día, por lo que saber de ciencia resulta necesario.	4.13	0.958	-0,981	0,441	0.412	0.610	0.638
22. Las autoridades públicas gubernamentales debiesen tener conocimientos en ciencia para mejorar su gestión.	4.21	0.911	-0,839	-0,190	0.480	0.586	0.619
24. El cambio climático es un problema que afecta a todas las personas.	4.69	0.727	-2,632	6,754	0.363	0.630	0.653
28. Asistiría con mayor frecuencia a los museos si fueran gratis.	3.97	1.249	-0,944	-0,269	0.324	0.661	0.666

Tabla 6 Análisis de confiabilidad para la dimensión: Económico.

Dimensión: Económico Cronbach's $\alpha = 0.688$ McDonald's $\omega = 0.690$							
	M	DT	As	K	r	α_{sin}	ω_{sin}
14. La ciencia y la tecnología proporcionan una mejor calidad de vida.	4.40	0.803	-1,316	1,456	0.492	0.610	0.616
27. El avance científico proporciona a los países herramientas necesarias para mejorar su sistema de salud.	4.62	0.681	-2,057	4,827	0.469	0.626	0.628
40. La ciencia tiene el potencial de generar soluciones sustentables y económicamente viables.	4.37	0.793	-1,086	0,713	0.510	0.597	0.602
41. Los países desarrollados destacan por sus grandes avances en tecnología.	4.54	0.698	-1,502	1,934	0.419	0.654	0.657

Tabla 7. Análisis de confiabilidad para la dimensión: Moral.

Dimensión: Moral Cronbach's $\alpha = 0.566$ McDonald's $\omega = 0.570$							
	M	DT	As	K	r	α_{sin}	ω_{sin}
15. La Ciencia es un sistema de creencias por lo que carece de rigurosidad.	2.66	1.344	0,245	-1,113	0.362	0.484	0.487
32. Los pueblos originarios no desarrollaron conocimiento científico debido a la falta de rigurosidad y sistematización de procedimientos.	2.93	1.231	0,014	-0,852	0.400	0.452	0.455
33. La astrología es un sistema de creencias por lo que carece de precisión científica.	3.34	1.291	-0,295	-0,906	0.314	0.523	0.531
42. Las investigaciones científicas son concretadas por personas adultas que poseen años de estudio.	3.73	1.095	-0,538	-0,419	0.325	0.514	0.523

Tabla 8. Análisis de confiabilidad para la dimensión: Utilitario

Dimensión: Utilitario Cronbach's $\alpha = 0.591$ McDonald's $\omega = 0.607$							
	M	DT	As	K	r	α_{sin}	ω_{sin}
3. La Ciencia y la Tecnología son herramientas que nos ayudan a ser más eficaces con nuestros recursos.	4.65	0.642	-2,232	6,352	0.366	0.535	0.573
4. Si leo en una etiqueta: "Científicamente comprobado", elijo sin dudar el producto.	3.73	0.989	-0,394	-0,393	0.368	0.531	0.540

23. Si no sé llegar a un lugar, utilizo mi celular para buscar la dirección.	4.51	0.867	-1,917	3,431	0.315	0.564	0.578
38. La Ciencia proporciona soluciones a las complejas necesidades del ser humano.	4.36	0.856	-1,408	2,023	0.469	0.440	0.472

Finalmente, la muestra (N=229) presenta una consistencia interna adecuada que es comprobada por los índices Alpha de Cronbach = 0.925 y Omega de McDonald's = 0.931. Además, se obtiene una varianza observada total de 30 y una varianza común total de 24.425.

Análisis factorial exploratorio

Al realizar el análisis factorial, se comprueban tres supuestos. En primer lugar, el determinante de la matriz de correlaciones es mayor a 0.000001, es decir, se acepta la relación de las variables. En segundo lugar, el test de esfericidad de Bartlett entrega un valor de 0.00001 y el índice KMO de adecuación muestral entrega un valor de 0,8346 lo cual sugiere que los datos son factibles de analizar .

Factor	Factor Loadings					
	1	2	3	4	5	6
3. Uti	0.841					
14. Eco	0.618					
1. ApC	0.606					
30. Cul		0.944				
31. Cul		0.470				
29. ApC			0.860			
28. Dem			0.625			
39. Apc				0.714		
38. Uti				0.369		
37. Cul				0.369		
32. Mor					0.628	
15. Mor					0.603	
42. Mor					0.499	
2. Dem						0.657
5. Dem		0.358				0.460
23. Uti						0.423

Note. 'Minimum residual' extraction method was used in combination with a 'oblimin' rotation

Figura 2. Matriz de cargas factoriales

Para los ajustes del modelo final, los supuestos arrojan un índice KMO = 0.804, un Alpha de Cronbach = 0.831 y un determinante Det(M) = 0.005. Además, se usó el siguiente criterio para el ajuste de modelo: RMSR = 0.0243.

EXPLAINED VARIANCE BASED ON EIGENVALUES			
Variable	Eigenvalue	Proportion of Variance	Cumulative Proportion of Variance
1	5,0952	0,3185	0,3185
2	1,7335	0,1083	0,4268
3	1,4160	0,0885	0,5153
4	1,0943	0,0684	0,5837
5	0,9384	0,0587	0,6423
6	0,9202	0,0575	0,6999
Total observed variance = 16.000			
Total Common Variance = 10.630			

Figura 3. Ajuste del modelo

Análisis factorial confirmatorio

En este análisis se empleó la misma muestra (N=229) para comparar los índices de ajuste del modelo de la totalidad de los ítems con el modelo de los 30 ítems, cabe mencionar que no es posible realizar este análisis para el modelo de los 16 ítems ya que ese modelo utilizó la misma muestra para ser generado, por lo que aplicar este método es de escaso valor.

La siguiente tabla muestra distintos tipos de indicadores de ajuste del modelo, ya que como se recomienda en la literatura, es necesario comparar más de uno de estos factores para determinar qué modelo es el más adecuado.

En la figura 4, se observan las cargas factoriales de los ítems en su correspondiente dimensión y los errores asociados a cada ítem. Con respecto a las cargas factoriales, muestran una relación casi aceptable con su dimensión, siendo la más pequeña de 0,39 y la mayor de 0,74, lo que indican la presencia de factores latentes bien definidos.

Tabla 9. Comparación de modelos en distintos indicadores.

	Modelo 42 ítems	Modelo 30 ítems
chisq	1421,04	645,509
df	804	390
p-value	0	0
cfi	0,723	0,857
tli	0,703	0,84
aic	24786,215	16532,676
bic	25270,37	16893,217
rmsea	0,058	0,053
rmsea.ci.lower	0,053	0,046
rmsea.ci.upper	0,063	0,061
srmr	0,071	0,06
gfi	0,969	0,98

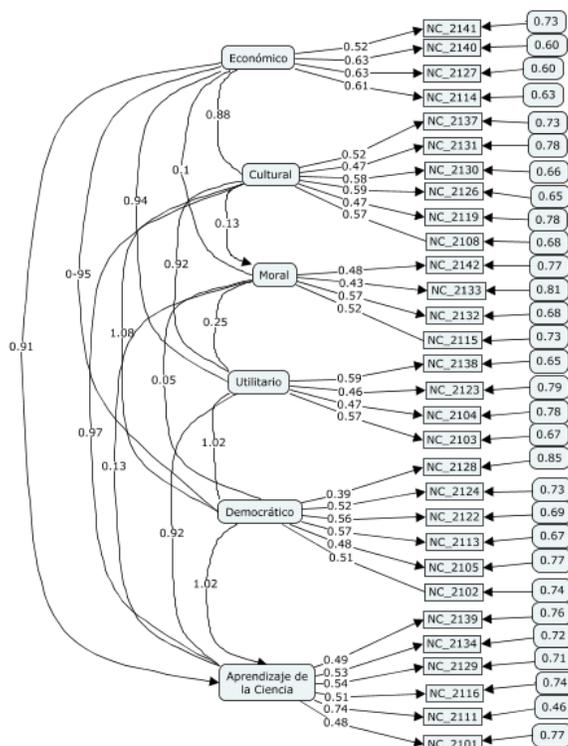


Figura 4. Análisis factorial confirmatorio

Discusión y conclusión

En aspectos generales se ha realizado un proceso de diseño, construcción y validación de un instrumento que presenta alto porcentaje de validez bajo la opinión de jueces expertos, altos niveles de consistencia interna y unas cargas factoriales que a priori presentan valores convincentes para el modelo propuesto.

Por otro lado, al comenzar esta investigación se consideró un instrumento de 42 ítem o reactivos que entregan información para todas las dimensiones equitativamente, sin embargo, en los diversos análisis se reducen los reactivos a 30 permitiendo conservar en el instrumento un sustento de confiabilidad dentro de los jueces y dentro de los contenidos al haber una gran cantidad de preguntas que logran abarcar a todas las dimensiones.

En cuanto a los resultados del análisis factorial exploratorio podemos mencionar que el Alpha de Cronbach entre la dimensión Utilitaria y la Moral es menor a 0,6 lo que indica que no son tan consistentes en comparación a los criterios utilizados en las otras cuatro dimensiones. Además, existen dos dimensiones: Aprendizaje de las ciencias y Cultural que presentan una cantidad reducida de reactivos observables por lo que se concluye que el instrumento debiese considerar más reactivos que estén asociados a dichas dimensiones; esto con el objetivo de definir mejor las dimensiones.

Es importante señalar que la muestra utilizada para los análisis factorial exploratorio y análisis factorial confirmatorio, cumplen con lo establecido en la literatura, pero se considera

que a una mayor muestra los resultados podrían ser más consistentes respecto al objetivo del modelo propuesto.

Las visiones de Ciencia que se proyecta estudiar con este instrumento y las posibles mejoras que se podrían hacer al sistema educativo chileno con la implementación de este instrumento representan la proyección a futuro de esta investigación; cumpliendo con el objetivo utilizar a nivel nacional el cuestionario y de esta manera poder proponer secuencias de aprendizajes que atiendan las necesidades educativas actuales del estudiantado.

Bibliografía

Cañedo Adalia, R. (2001). Contribuciones cortas: Ciencia y tecnología en la sociedad. *Perspectiva histórico-conceptual. ACIMED*, 9(1), 72-76.

Cofré, H., Camacho, J., Galaz, A., Jiménez, J., Santibáñez, D., & Vergara, C. (2010). La educación científica en Chile: Debilidades de la enseñanza y futuros desafíos de la educación de profesores de ciencia. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 36(2), 279-293. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052010000200016>

Driver, R., Leach, J., & Millar, R. (1996). *Young People's Images Of Science*. Open University Press.

Ferrando, P. J., & Anguiano-Carrasco, C. (2010). El análisis factorial como técnica de investigación en psicología. *Papeles del Psicólogo*, 31(1), 18-33.

Ferrando, P. J., & Lorenzo-Seva, U. (2014). El análisis factorial exploratorio de los ítems: Algunas consideraciones adicionales. *Anales de Psicología / Annals of Psychology*, 30(3), Art. 3. <https://doi.org/10.6018/analesps.30.3.199991>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta Edición). McGraw-Hill Education.

Khine, M. S. (2013). *Application of Structural Equation Modeling in Educational Research and Practice*. SensePublishers. 10.1007/978-94-6209-332-4

Kline, R. B. (2011). *Principles and practice of structural equation modeling* (Third Edition). Guilford Press.

Lloret-Segura, S., Ferreres-Traver, A., Hernández-Baeza, A., & Tomás-Marco, I. (2014). El análisis factorial exploratorio de los ítems: Una guía práctica, revisada y actualizada. *Anales de Psicología / Annals of Psychology*, 30(3), Art. 3. <https://doi.org/10.6018/analesps.30.3.199361>

López-Aguado, M., & Gutiérrez-Provecho, L. (2019). Cómo realizar e interpretar un análisis factorial exploratorio utilizando SPSS. *REIRE Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 12(2), Art. 2. <https://doi.org/10.1344/reire2019.12.227057>

López-de-Ullibarri, I., & Pita-Fernández, S. (1999). Medidas de concordancia: El índice Kappa. *Cuadernos de atención primaria*, 6(4), 223-226.

Macedo, B. (2016). *Educación científica*. UNESCO. <https://repositorio.minedu.gob.pe/handle/20.500.12799/5025>

MINEDUC. (2019). *Bases curriculares 3° y 4° medio*. Unidad de Currículum y Evaluación. https://curriculumnacional.mineduc.cl/614/articles-91414_bases.pdf

Sanmartí Puig, N. (1997). *Enseñar y aprender ciencias: Algunas reflexiones*. <https://www.pedagogiapucv.cl/wp-content/uploads/2017/07/Ensenanza-de-las-Ciencias-Neus-Sanmarti.pdf>

Serrallé-Marzoa, J. F., Rodríguez, U. P., Rial, M. A. L., & Lires, M. M. Á. (2021). Concepciones sobre la naturaleza de la ciencia en el profesorado en formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 39(3), Art. 3. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3063>

UNESCO. (1999). *Declaración sobre la Ciencia y el Uso del Saber Científico y Programa en Pro de la Ciencia: Marco General de Acción*. Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un Nuevo Compromiso, Budapest. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000116994_spa

Vilches Peña, A., Pérez Gil, D., & Solbes, J. (2004). Alfabetización científica para todos contra ciencia para futuros científicos. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 41, 89-98.