



RÚBRICA PARA EVALUAR EL SABER ACERCA DEL MODELO DE SER VIVO EN MAESTROS EN FORMACIÓN

RUBRIC TO EVALUATE THE KNOWLEDGE ABOUT THE LIVING BEING MODEL IN TRAINING TEACHERS

RUBRICA PARA AVALIAR O CONHECIMENTO SOBRE O MODELO DE SER VIVO NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Rosa Esperanza Galera-Flores*, José María Oliva Martínez**, Natalia Jiménez-Tenorio***

Cómo citar este artículo: Galera-Flores, R.; Oliva-Martínez, J.; Jiménez-Tenorio, N. (2023). Rúbrica para evaluar el saber acerca del modelo de ser vivo en maestros en formación. *Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, 18(2), 210-228. DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.18920>

Resumen

El propósito del artículo es diseñar y validar una rúbrica para evaluar el saber de estudiantes para maestros acerca del modelo de ser vivo. La rúbrica se diseñó para procesar la información procedente de un cuestionario abierto que se administró a una muestra formada por maestros de primaria en formación inicial y graduados en ciencias (N=63). Se combinaron técnicas cualitativas y cuantitativas de tratamiento de datos, en este último caso, usando el modelo de Rasch y estudios de frecuencias. Sus resultados nos permitieron definir nueve dimensiones de análisis, con cuatro categorías ordinales cada una, componiendo así una rúbrica analítica. Los resultados mostraron siempre indicadores de ajustes adecuados, excepto en una dimensión que fue eliminada de la rúbrica. Asimismo, arrojaron un alto grado de fiabilidad y unidimensionalidad, lo que permite hablar de saberes articulados en torno a la idea de ser vivo, aunque no siempre alineados con el modelo de la ciencia escolar. Además, se encontró un correcto solapamiento entre el desempeño de los sujetos y la dificultad de las dimensiones. Finalmente, se detectaron diferencias significativas entre los resultados de la rúbrica en estudiantes para maestro y en graduados de ciencias, a favor de éstos últimos, lo que sugiere sensibilidad en sus medidas. En concreto, los maestros en formación presentaron ideas más alejadas al modelo escolar que los graduados en ciencias. Estos resultados muestran la validez de la rúbrica construida para estudiantes con diferentes niveles de formación en biología, lo que la hace apropiada para evaluar tanto saberes previos como su progresión a través de la enseñanza.

Palabras clave: Análisis de Rasch. Instrumento de evaluación. Maestros en formación. Modelo de ser vivo. Validación.

Recibido: Diciembre de 2021; aprobado: Marzo de 2023

* Magister en profesorado de Educación secundaria, Universidad de Cádiz, España, rosa.galera@uca.es. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4092-9167>.

** Doctor en Ciencias Físicas, Universidad de Cádiz, España, josemaria.oliva@uca.es. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2686-6131>.

*** Doctora en Ciencias del Mar, Universidad de Cádiz, España, natalia.jimenez@uca.es. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7879-9877>.

Resumo

O objetivo do artigo é projetar e validar uma rubrica para avaliar o conhecimento de alunos para professores sobre o modelo de ser vivo. A rubrica foi projetada para processar as informações de um questionário aberto que foi aplicado a uma amostra de professores do ensino fundamental em formação inicial e graduados em ciências (N=63). As técnicas de tratamento de dados qualitativos e quantitativos foram combinadas, neste último caso, utilizando o modelo Rasch e estudos de frequência. Seus resultados permitiram definir nove dimensões de análise, com quatro categorias ordinais cada, compondo uma rubrica analítica. Os resultados sempre apresentaram indicadores de ajuste adequados, exceto em uma dimensão que foi eliminada da rubrica. Da mesma forma, apresentaram alto grau de confiabilidade e unidimensionalidade, o que nos permite falar de saberes articulados em torno da ideia de ser vivo, embora nem sempre alinhados ao modelo de ciências da escola. Além disso, foi encontrada uma sobreposição correta entre o desempenho dos sujeitos e a dificuldade das dimensões. Por fim, foram detectadas diferenças significativas entre os resultados da rubrica em professores em formação e graduados em ciências, a favor deste último, o que sugere sensibilidade em suas medidas. Em concreto, os professores de formação inicial apresentaram ideias que estavam mais distantes do modelo escolar do que os graduados em ciências. Esses resultados mostram a validade da rubrica construída para alunos com diferentes níveis de formação em biologia, o que a torna adequada para avaliar os conhecimentos prévios e sua progressão no ensino.

Palavras chave: Análise Rasch. Formação de professores. Instrumento de avaliação. Modelo de ser vivo. Validação.

Abstract

This work aims to design and validate a rubric to evaluate the pre-service teachers' knowledge about the model of living beings. The rubric seeks to process the information from an open questionnaire applied to a sample of primary school teachers in initial training and science graduates (N=63). Qualitative and quantitative data treatment techniques were combined, in the latter case, using the Rasch model and frequency studies. Their results allowed us to define nine dimensions of analysis, with four ordinal categories each, thus composing an analytical rubric. Results always showed indicators of adequate adjustments, except in one dimension that was eliminated from the rubric. Likewise, they showed a high degree of reliability and unidimensionality, allowing us to speak of knowledge articulated around the idea of being alive, although not always aligned with the model of school science. In addition, a correct overlap was found between the performance of the subjects and the difficulty of the dimensions. Finally, significant differences were detected between the rubric results in pre-service teachers and science graduate teachers, in favor of the latter, which suggests sensitivity in their measurements. Specifically, pre-service teachers present ideas that were further removed from the school model than the science graduates. These results show the validity of the rubric built for students with different levels of training in biology, making it appropriate to assess both prior knowledge and its progression through teaching.

Keywords: Evaluation instrument. Living being model. Rasch analysis. Training teachers. Validation.

1. Introducción

La noción de ser vivo es fundamental en biología, ya que es la base de multitud de conceptos y procesos de esta disciplina (MORA, 2019) y supone un referente para entender nuestro entorno ya que continuamente interactuamos con otros seres vivos (CAÑAL, 2008). Dicha noción se aborda en la escuela desde el inicio de la educación primaria hasta niveles universitarios. A pesar de ello, los estudiantes de todos los niveles suelen presentar ideas confusas y alejadas de la ciencia escolar (ÖZGÜR, 2018), lo cual supone todo un reto para los docentes. De hecho, suele haber grandes diferencias entre lo que el alumnado aprende y lo que debería aprender sobre la noción de ser vivo (DE LAS HERAS, 2010; MORA, 2019).

Tradicionalmente, en la escuela se estudia el modelo de ser vivo focalizándose en la definición, y localización y funciones de órganos y sistemas. Además, se enfatiza la identificación de seres vivos concretos y las características que los diferencian de otros, en lugar de estudiar las que son comunes a todos ellos (MARTÍNEZ-LOSADA, GARCÍA-BARROS, GARRIDO, 2014). Esta perspectiva impide concebir los seres vivos como sistemas complejos en continua interacción con su medio y, por tanto, dinámicos, y con capacidad de adaptación (GÓMEZ, SANMARTÍ, PUJOL, 2007). Esta visión integradora permitiría a los estudiantes establecer relaciones y adquirir una visión de conjunto, algo necesario en la adquisición de cualquier significado (GARCÍA, 2005).

Aunque, como veremos luego, son bastantes los estudios realizados sobre el aprendizaje de la noción de ser vivo en estudiantes de distintos niveles y en maestros en formación, este estudio pretende aportar al campo en al menos dos direcciones. En primer lugar, porque intenta ir más allá de una perspectiva diagnóstica, trascendiendo a procesos de intervención didáctica. En este sentido, el trabajo forma parte de un estudio más amplio basado en el diseño y evaluación de una propuesta didáctica orientada a la progresión del modelo de ser vivo en maestros en formación inicial. En concreto, se

integra en su primera fase en la que se analiza el saber con el que los estudiantes llegan a las clases, lo que conlleva previamente el diseño y validación de un instrumento dirigido a recoger la información necesaria para ello. En segundo lugar, porque la perspectiva que adopta se basa justamente en esa visión integral de la que hablábamos de la noción de ser vivo, para lo cual se aportan, entre otros, datos referidos a la unidad de constructo de dicha noción y, con ello, de su estatus como modelo.

2. Marco teórico

2.1 Las nociones de vida y de ser vivo como referentes del estudio

El constructo de ser vivo se relaciona indisolublemente con el concepto de vida, el cual se entiende como una característica o propiedad que puede tener o no la materia, mientras que aquel se trata del soporte orgánico que lo hace posible. Sin embargo, a pesar de esa estrecha relación, el vínculo entre ambas nociones raramente se hace explícita y lo normal es que exista un uso desigual de ambos términos en función del contexto. Así, aunque en nuestro entorno cultural suele ser frecuente el uso del término de vida, por ejemplo, cuando en los medios de comunicación se habla de la posibilidad de existencia de vida en otros planetas, el currículum escolar prefiere poner el énfasis en la idea de ser vivo o de organismo vivo, quizás porque esta noción es menos abstracta y es la base sobre la que se configura la biología como ciencia.

Desde el punto de vista histórico, tanto científicos como filósofos han intentado caracterizar qué es la vida y en qué consisten los organismos vivos. Hasta el siglo XIX, desde las teorías denominadas vitalistas solía considerarse que los organismos vivos se diferencian de las cosas inanimadas por poseer una fuerza vital. Aunque estas ideas fueron pronto desplazadas, no existe a día de hoy una definición única y totalmente consensuada acerca de esas nociones. Por ejemplo, para WEISZ (1975), la esencia del ser vivo es la autopertpetuación, esto es, la

capacidad de funcionar indefinidamente, para lo que el organismo ha de recibir y controlar información de su interior y del medio externo, dando lugar a procesos de regulación, procesos de reproducción y adaptación. JOYCE (1991); por su parte, considera a los organismos vivos como sistemas químicos auto-mantenidos con capacidad de evolución darwiniana, mientras PERETÓ (2005), por otro lado, los define como cualquier sistema autónomo con capacidad de evolución abierta. Puede verse en todos los casos que la esencia de lo que es un ser vivo se vincula a la posibilidad de funcionar de forma autónoma y a su estatus evolutivo. Otras definiciones aluden a características más concretas y reconocibles, como las aportadas por el MIT (Massachusetts Institute of Technology) (GEFAELL, MEGÍAS, ROLAN, S.F.), para el que un ser vivo: muestra evidencias de crecimiento y reproducción; muestra evidencias de transferencias de energía con un propósito: metabolismo; responde a estímulos; actúa para asegurar su preservación; difiere significativamente del medio que le rodea, y posee capacidad de evolución darwiniana. Otra posibilidad reside en aportar una definición estructural apelando a la idea de célula, al ser considerada ésta la expresión más pequeña de materia viva, por lo que podríamos hablar de materia viva siempre que esté formada por células. El constructo de ser vivo es complejo, articulando diferentes ideas que, en conjunto, permiten entender la realidad y hacer predicciones sobre ella. Por ello podemos entenderlo en términos de un modelo, dado que, si cada una de las partes se concibe por separado, sería insuficiente para definir qué es un ser vivo. De ahí que en adelante hablemos del “modelo de ser vivo” que será el referente terminológico que, a partir de aquí, se adopta en este estudio.

2.2 El modelo escolar de ser vivo y las dificultades de su construcción

Un modelo es una representación de un objeto, sistema o fenómeno, elaborada con el propósito de explicar o predecir hechos y situaciones (ADÚRIZ-BRAVO, 2012; GILBERT, BOULTER, ELMER,

2000), y configurada en torno a una trama de ideas organizada y jerarquizada de forma abstracta (GÓMEZ, SANMARTÍ, PUJOL, 2007). Por ejemplo, se trata de un modelo el constructo de ser vivo, la idea de circuito eléctrico, o la interpretación del cambio químico mediante la teoría atómica. En general, los modelos ocupan el papel de intermediarios entre la teoría y la realidad (MORRISON, MORGAN, 1999), por lo que pueden considerarse como teorías específicas (BUNGE, 1973).

En el aprendizaje de las ciencias es deseable que los estudiantes se apropien progresivamente del modelo de ciencia escolar, si bien aquellos disponen de formas de pensar alternativas que surgen a partir de experiencias cotidianas. Éstas tienen una naturaleza implícita, carecen de un nivel de organización y articulación semejante al de las teorías científicas y mantienen un uso fuertemente dependiente del contexto (POZO, GÓMEZ-CRESPO, 1998). En este marco, y ante la ausencia de un modelo escolar construido en torno al objeto de estudio referido, los estudiantes suelen usar esas ideas alternativas como base para la elaboración de sus modelos mentales (MOREIRA, GRECA, RODRÍGUEZ-PALMERO, 1997), los cuales les permiten entender y desenvolverse en el mundo en el que viven. Un elemento clave del proceso de enseñanza consiste en conocer estas ideas para poder prever los obstáculos con los que se van a encontrar en su proceso de aprendizaje (BLANCO-ANAYA, DÍAZ, 2017). A partir de aquí, se trata de que los alumnos adquieran un modelo cada vez más complejo y cercano al científico, y que sean capaces de utilizarlo ante fenómenos cotidianos. A lo largo de dicho proceso y como parte del mecanismo de regulación, el docente necesita disponer de instrumentos que le permita hacer un seguimiento del proceso de construcción del modelo escolar de referencia, evaluando qué saben los estudiantes sobre dicho modelo y qué progresos se producen en la construcción del mismo.

En el marco concreto de la enseñanza del modelo de ser vivo, se han realizado numerosos intentos de transposición didáctica, al objeto de aportar un modelo escolar del mismo (GALINDO, PUIG, PUJOL,

2007). De todos ellos nos quedamos con la propuesta de GARCÍA (2005), compartida también por otros autores (GARCÍA-BARROS, MARTÍNEZ-LOSADA, FUENTES, 2017), quien interpreta al ser vivo como sistema que: intercambia materia y energía con el medio y como resultado de ello modifica el medio (nutrición); capta estímulos del medio y responde a ellos (relación); proviene de otros seres vivos y puede reproducirse y transferir sus características a sus descendientes (reproducción), y está constituido por una o muchas unidades estructurales que llamamos células. Este modelo es compatible con una perspectiva compleja, donde las funciones de nutrición, relación y reproducción se entienden de manera interdependiente y el organismo se sitúa de una manera integrada en el medio específico en el que habita (GALINDO, PUIG, PUYOL, 2007).

Al igual que en otros dominios de la ciencia, el alumnado suele construir ideas alternativas al modelo escolar de ser vivo enseñado en la escuela. Ello se debe al alto nivel de abstracción que demanda dicho modelo (MORA, 2019), lo que hace que, incluso en sus versiones más simples, resulte un contenido complejo y difícil. Consecuencia de ello es que el alumnado se decante por explicaciones más sencillas, en unos casos basadas en razonamientos cotidianos y en otras en explicaciones simplistas aprendidas desde pequeños y que luego son difíciles de abandonar. De hecho, ya antes de comenzar el aprendizaje escolar, las personas generan una primera idea de ser vivo asociándola a ellos mismos y a la presencia de movimiento (ÖZGÜR, 2018). Luego, en la escuela, se empiezan a utilizar otros criterios para definir los seres vivos, como son el ciclo vital, el desplazamiento o la presencia de características morfológicas similares a las humanas (BAHAR, 2003; GONZÁLEZ, 2015). Dichos criterios, que están muy orientados al ser humano, no son, sin embargo, adecuados para definir al ser vivo, ya que deja fuera, por ejemplo, a los vegetales (RIVADULLA, FUENTES, DE LA ENCINA, 2017). Estas ideas alternativas persisten a lo largo de la enseñanza, continuando implícitas incluso hasta los 15-16 años (BABAI, SEKAL, STAVY, 2010). Otras

incluso están presentes en maestros en formación, como lo demuestra el hecho de que, en su mayoría, al considerar organismos, éstos citen animales (preferentemente vertebrados mamíferos) o si acaso vegetales, y solo ocasionalmente mencionen los otros tres reinos (GARCÍA-BARROS, MARTÍNEZ-LOSADA, FUENTES, 2017).

Un segundo nivel de dificultad aparece en la comprensión de las funciones vitales que es clave para entender el modelo de ser vivo (GONZÁLEZ, 2015). Así, los estudiantes presentan problemas para interpretar la nutrición como integración de las funciones digestiva, respiratoria, circulatoria y excretora, y cuya finalidad es intercambiar energía y materia, imprescindibles para construir o reparar estructuras (LÓPEZ, ANGULO, 2016; NÚÑEZ, BANET, 1996). Además, aparecen dificultades para diferenciar nutriente y alimento (CAÑAL, 2008), concebir la presencia de una única vía digestiva para alimentos sólidos y líquidos (RIVADULLA, GARCÍA, MARTÍNEZ, 2008), entender la digestión como un proceso mecánico y químico (GONZÁLEZ, 2015), etc. Además, se han observado conflictos para entender la nutrición a nivel celular (CAÑAL, 2008; REINOSO, DELGADO-IGLESIAS, FERNÁNDEZ, 2019). Particularmente, en los vegetales, se constatan dificultades para comprender los procesos de alimentación, respiración o excreción, generando multitud de concepciones alternativas al respecto (CAÑAL, 2008; MARTÍNEZ-LOSADA, GARCÍA-BARROS, GARRIDO, 2014).

La función de reproducción puede definirse como crecimiento, creación de estructuras o perpetuación de la especie mediante transferencia de información entre individuos. Ella se interpreta mediante el proceso de división celular, lo que ocasiona dificultades al demandar un pensamiento abstracto a nivel microscópico. Así, producen confusión los términos de multiplicación y división o la distinción entre división de cromosomas y de células (FANTINI, JOSELEVICH, 2014; GARCÍA, 2017; PIGRAU, SANMARTÍ, 2015).

Por último, la función de relación se refiere al conjunto de procesos que permiten al individuo

relacionarse con su medio interno y externo captando estímulos, procesándolos y respondiendo ante ellos. En este proceso intervienen los sentidos, el sistema nervioso y el sistema locomotor. Gran parte de las dificultades de aprendizaje suelen aparecer porque se comprenden como realidades separadas sin tener una visión integrada. De hecho, no se asocia el cerebro con actividades motoras y sensitivas, y suele adoptarse una visión antropomórfica de esta función, dejando fuera a las plantas de los procesos de relación (GONZÁLEZ, 2015; PIGRAU, SANMARTÍ, 2015).

Todo lo expuesto hace que, en el marco de la formación de maestros, sea necesaria una cuidadosa selección de modelo de ser vivo empleado. Además, y como se dijo antes, hay que tener en cuenta que, al igual que en otros ámbitos de la ciencia (ARMARIO, OLIVA Y JIMÉNEZ-TENORIO, 2022; BOGDAN, GRECA, MENESES-VILLAGRÁ, 2017; DARROZ, WERNER DA ROSA, DE GRANDIS, 2016), también en éste los maestros en formación suelen arrastrar lagunas y concepciones alternativas. De ahí la necesidad de buscar estrategias que favorezcan la organización de su conocimiento a través de la observación de hechos, la indagación y la construcción de modelos, todo ello con la finalidad de conseguir una aproximación hacia el modelo científico (GARCÍA-BARROS, MARTÍNEZ-LOSADA, FUENTES, 2017; MARCOS-MERINO, ESTEBAN, GÓMEZ, 2019).

3. Diseño de investigación

3.1. Contexto del estudio y enfoque y propósitos de investigación

Como señalamos antes, este estudio forma parte de otro más amplio que puede clasificarse dentro de las llamadas investigaciones basadas en el diseño. Desde este enfoque, el diseño supone un elemento central en los esfuerzos para mejorar el aprendizaje y avanzar en la construcción de teorías sobre el aprendizaje y la enseñanza en ambientes complejos (DESIGN-BASED RESEARCH COLLECTIVE, 2003).

En el caso concreto del presente estudio, se trata de elaborar y validar un instrumento que permita evaluar los progresos alcanzados por estudiantes para maestros a lo largo de una secuencia didáctica sobre el modelo de ser vivo, que será objeto de estudio en futuros trabajos. Tiene, por tanto, connotaciones propias del paradigma positivista, ya que la propia idea de validación se ajusta a dicha perspectiva de investigación y el procedimiento que se sigue se basa en la cuantificación y en la estadística. No obstante, también presenta características de un enfoque naturalista, pues se recurre a dimensiones y variables cuya definición viene precedida de un estudio cualitativo en el que las respuestas de los informantes a un instrumento abierto se analizan y categorizan siguiendo planteamientos interpretativos.

Otro aspecto importante que caracteriza nuestro marco de investigación es el sentido que damos a la idea de validación. Como señala la literatura, la validación de cualquier instrumento de evaluación, por ejemplo, un cuestionario escrito, va siempre asociada a la del instrumento de análisis de sus resultados; esto es, a la interpretación que se hace de las puntuaciones o escalas que se construyen con el instrumento (AERA, APA y NCME, 1999). De ahí que, en este trabajo, hablemos de validar una rúbrica, y no de validar un cuestionario, si bien, claro está, la rúbrica validada se encuentra vinculada estrechamente al cuestionario de la que se extraen los resultados.

En consonancia con todo ello, los propósitos del estudio son los siguientes:

1. Diseñar y validar una rúbrica para evaluar el saber sobre el modelo de ser vivo en sujetos con distinto grado de formación en temas de biología.
2. Evaluar el saber en torno al modelo escolar de ser vivo de maestros en formación inicial, respecto al que poseen graduados en materias científicas.

3.2. Instrumento

Se diseñó un cuestionario abierto de nueve preguntas distribuidas en dos partes (Tabla 1). La

primera estaba constituida por tres cuestiones, dos de ellas sobre la definición de vida y de ser vivo, respectivamente, y la tercera sobre la formulación de ejemplos de seres vivos. La segunda parte hacía referencia a las funciones vitales, incluyendo preguntas sobre la conceptualización de cada una, junto a otras de identificación y justificación, a través de dibujos, de ejemplos de cada una de ellas.

Tabla 1. Preguntas del cuestionario inicial administrado.

Cuestionario	Preguntas
Primera parte	<p>1.- Explica qué significa para ti que algo tenga vida.</p> <p>2.- ¿Cuáles son las características que definen a un ser vivo y lo diferencian de un cuerpo inerte?</p> <p>3.- Pon ocho ejemplos diferentes de seres vivos.</p>
Segunda parte	<p>4.- Al hablar de seres vivos, explica detenidamente qué entiendes por reproducción.</p> <p>5.- Indica en cada uno de los dibujos (Anexo I) la conexión que tiene con la función de reproducción, explicando tu respuesta.</p> <p>6.- Al hablar de seres vivos, suele decirse que poseen la función de relación. Explica detalladamente qué entiendes por función de relación.</p> <p>7.- Indica en cada uno de los dibujos (Anexo II) la conexión que tiene con la función de relación, explicando tu respuesta.</p> <p>8.- Un aspecto importante de los seres vivos es la necesidad de nutrirse. Explica de forma detallada qué entiendes por nutrición y por qué es necesaria.</p> <p>9.- Indica en cada uno de los dibujos (Anexo III) la conexión que tiene con la función de nutrición, explicando tu respuesta.</p>

Fuente. Elaboración propia.

El diseño del cuestionario vino acompañado de un análisis previo de validez por jueces en el que participaron seis expertos, docentes de didáctica de las ciencias y/o de ciencias, quienes valoraron la pertinencia de las preguntas planteadas. Además, el cuestionario fue administrado a una muestra previa de estudiantes de magisterio que nos sirvió para comprobar la claridad de los enunciados y hacer algunas modificaciones de redacción.

3.3. Participantes

Participaron 63 sujetos procedentes de dos perfiles distintos, elegidos según una muestra de conveniencia. De un lado, 32 estudiantes para maestros que iniciaban el tercer curso del Grado en Educación Primaria. Éstos no habían cursado hasta el momento ninguna asignatura de ciencias durante sus estudios de magisterio y, en su mayoría, no lo hacían tampoco desde 3º ESO; de hecho, solamente una minoría había cursado bachillerato de ciencias. De otro, contamos con 31 graduados de ciencias, en su mayoría egresados del Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria en la especialidad de Biología y Geología. Las titulaciones de grado cursadas eran Biología, Ciencias Ambientales y Ciencias del Mar. Con esta muestra diversa y heterogénea pretendíamos dos cosas. Por un lado, que la rúbrica resultante fuera transferible a estudiantes con distinto nivel de formación en ciencias, requisito que, como veremos, forma parte del proceso de validación (Objetivo 1). Por otro, permitir la comparación de saberes en alumnado de distinto perfil (Objetivo 2).

3.4. Procedimiento de análisis de datos

Como se ha dicho, se combinaron procedimientos cualitativos y cuantitativos de análisis de datos (Figura 1). El análisis cualitativo ayudó a perfilar la naturaleza de las respuestas y un orden progresivo en el desempeño de las ideas manejadas. También sirvió para detectar que las preguntas 1 y 2 aportaban información muy similar sobre la conceptualización de ser vivo, por lo que se consideró apropiado un análisis conjunto de las mismas. De ahí que, en adelante, hablemos de dimensiones y no de preguntas a la hora de analizar las respuestas encontradas. En concreto, contemplamos nueve dimensiones en total, una para cada una de las preguntas de la 3 a la 9, y dos más para el conjunto de las preguntas 1 y 2. En efecto, las respuestas aportadas, tanto sobre la definición de vida como de ser vivo, arrojaron dos niveles de respuesta diferenciados, uno estructural

que aludía a la noción de célula, y otro funcional que recurría a las funciones vitales: nutrición, relación y reproducción. De ahí que se decidiera establecer dos dimensiones para esas preguntas y no solo una.

Toda esta información cualitativa, junto con la decisión de partir de escalas de cuatro niveles, y algunos estudios de tanteo con muestras reducidas de estudiantes, permitió construir la primera versión de una rúbrica analítica. Tanto el establecimiento de criterios para la construcción de la rúbrica, como el proceso de categorización de respuestas, fue realizado conjuntamente por dos investigadoras.

Para validar la rúbrica, sus resultados fueron sometidos a un análisis de RASCH (1960). El modelo de Rasch proporciona, entre otras cosas, un medio para comprobar en qué medida y en qué aspectos las escalas de la rúbrica funcionan o no adecuadamente (JANSSEN, MEIER, TRACE, 2015). En particular, permite tomar decisiones sobre la composición y estructura de una rúbrica, y también crear medidas de intervalo globales a partir de los valores parciales de varias subescalas ordinales (LIU, BOONE, 2006). A diferencia de los análisis estadísticos clásicos, en los que se utilizan los datos observados, el análisis de Rasch utiliza una función logística, la cual permite la construcción de una escala latente expresada en *logits*, cuyos valores pueden oscilar entre menos infinito y más infinito. En este caso se utilizó el Modelo de Crédito Parcial (PCM), que es el más adecuado para escalas tipo ordinal, usando el software Winsteps v. 4.4.7 (LINACRE, 2020). En concreto, el proceso se desarrolló en cuatro fases, a lo largo de las cuales pudimos poner a prueba y depurar la rúbrica, siguiendo el esquema de la Figura 1.

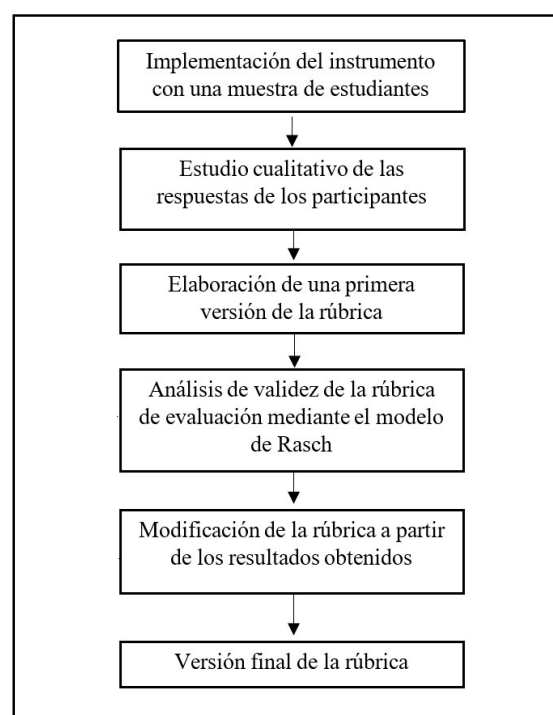
4. Resultados

4.1 Estudio cualitativo

El estudio cualitativo pretendía encontrar regularidades en las respuestas y cierto margen de progresión en las mismas, al objeto de establecer agrupaciones y secuencias de complejidad

creciente para las mismas. En este sentido, el hecho de contar con sujetos de dos poblaciones distintas (maestros en formación y graduados de ciencias), permitió disponer de cierta heterogeneidad de respuestas. Resultado de todo ello fue la primera versión de la rúbrica (Tabla 2). En ella, el nivel 1 no aparece porque se reservó para las respuestas en blanco o triviales; esto es, que no respondían a la pregunta planteada, o que lo hacían repitiendo el término definido o dando una respuesta evidente (por ejemplo, identificar como seres vivos solo a los animales).

Figura 1. Esquema seguido en la construcción de la rúbrica.



Fuente. Elaboración propia.

No disponemos de espacio para describir cualitativamente los tipos de respuestas encontradas en la totalidad de dimensiones contempladas, aunque sí analizaremos las correspondientes a las tres primeras que son aquéllas en las que se evalúa la definición y ejemplos de ser vivo. En el Anexo IV se exponen ejemplos de respuestas encontradas en todas las dimensiones y niveles de la rúbrica.

Tabla 2. Dimensiones contempladas y significado asignado a los distintos niveles de la rúbrica.

Dimensiones (preguntas)	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
1. Definición estructural de vida/ser vivo (1 y 2)	Menciona la idea de célula, pero no se usa adecuadamente (por ejemplo: se confunde célula con átomo).	Considera que algo tiene vida sólo si está formado por células.	Define al ser vivo como sistema formado por células, identificando a ésta como unidad básica de vida.
2. Definición funcional de vida/ser vivo (1 y 2)	No se mencionan funciones vitales sino características propias del ser vivo (nacer, crecer, morir y/o movimiento).	A las funciones vitales se superponen características propias del ser vivo a la hora de definirlo.	Se mencionan las tres funciones vitales.
3. Identificación de ejemplos de seres vivos (3)	Menciona ejemplos de dos reinos solamente.	Menciona ejemplos de tres o cuatro reinos diferentes.	Menciona al menos uno de cada uno de los cinco reinos: animal, vegetal, hongos, protistas y móneras.
4. Definición del proceso de reproducción (4)	Concibe la reproducción a un único nivel.	Concibe la reproducción a dos niveles, aunque pueden incluir imprecisiones.	Explica la reproducción como proceso a tres niveles: 1) microscópico (celular): reparación y crecimiento del individuo. 2) macroscópico (individuo): perpetuación de la especie. 3) complejo (población-medio): mantenimiento de las poblaciones en un medio cambiante, es decir, evolución.
5. Identificación de ejemplos de procesos de reproducción (5)	Identifica ejemplos de solo uno de los niveles en los que puede ocurrir el proceso de reproducción.	Identifica ejemplos de al menos dos de los niveles en los que puede ocurrir la reproducción.	Identifica ejemplos de los tres niveles en los que puede ocurrir la reproducción.
6. Definición de la función de relación (6)	Reconoce la capacidad de captar estímulos o de responder ante ellos.	Reconoce la capacidad de captar estímulos y de responder ante ellos, pero sin entrar en detalle.	Reconoce razonadamente la función de relación como la capacidad de captar estímulos y responder ante ellos.
7. Identificación de ejemplos de función de relación (7)	Identifica la capacidad de captar estímulos o de responder ante ellos en, al menos, uno de los dibujos.	Reconoce, aunque poco nivel de detalle, la capacidad de captar estímulos y de responder ante ellos en, al menos, uno de los dibujos.	Identifica, en al menos uno de los dibujos, la función de relación como la capacidad de captar estímulos y responder ante ellos.
8. Definición de la función de nutrición (8)	Concibe la nutrición como proceso de adquisición de materia o de energía, pero no de ambos a la vez.	Concibe la nutrición como proceso de adquisición de materia y de energía, pero la respuesta no tiene el necesario detalle.	Concibe la nutrición como proceso de adquisición de materia y de energía, dando una explicación detallada.
9. Identificación de ejemplos de nutrición (9)	Concibe la nutrición, en al menos uno de los dibujos, como proceso de adquisición de materia o de energía.	Concibe la nutrición, en al menos uno de los dibujos, como proceso de adquisición de materia y de energía, pero la respuesta no tiene el necesario detalle.	Concibe la nutrición, en al menos uno de los dibujos, como proceso de adquisición de materia y de energía, dando una explicación detallada.

Nota: El nivel 1 se reserva a respuestas en blanco o triviales.

Fuente. Elaboración propia.

Alrededor de un tercio de los participantes utilizó las funciones vitales para definir qué es un ser vivo, la mitad utilizó en su lugar características asociadas al ser vivo como son la respiración, el movimiento, alimentarse o comer, y uno de cada cinco superpuso ambos tipos de definiciones. Por otro lado, solo uno de cada veinte se refirió en términos adecuados a la célula como unidad estructural de los seres vivos (niveles 3 y 4). Finalmente, solo una quinta parte aportó ejemplos de seres vivos de los cinco reinos,

algo menos de la mitad mencionó de tres o cuatro, y el resto citó de solo dos.

4.2 Análisis de la rúbrica mediante el modelo de Rasch

Al objeto de validar y depurar la rúbrica elaborada, se analizó el ajuste de los datos al modelo de Rasch. Esto se realizó a través de cuatro fases consecutivas.

Primera fase: determinación de indicadores de ajustes Infit y Outfit

El análisis de Rasch proporciona los indicadores de ajuste MNSQ, Infit y Outfit, los cuales idealmente deberían aproximarse lo más posible a 1, quedando siempre comprendidos entre 0,5 y 1,5 (LINACRE, 2002). Valores inferiores sugieren información redundante (sobran ítems) y valores superiores indican aleatoriedad en las respuestas (imprecisión en la categorización de respuestas, factores secundarios, etc.). En la rúbrica original, los valores de ambos indicadores quedaron casi siempre comprendidos en el referido margen. La excepción aparece en la definición estructural de vida (Dimensión 1), cuyos valores fueron netamente superiores al umbral recomendado, alcanzando los valores de 2,75 y 1,76, para los indicadores Infit y Outfit, respectivamente. Además, esta dimensión no parece que sirviera para discriminar el saber del alumnado, dado que solo un 10% de la muestra aportaron respuestas que recurrían con cierto sentido y propiedad a la noción de célula. De todo ello se comprende la decisión de eliminar dicha dimensión del conjunto.

Segunda fase: comprobación de unidimensionalidad y fiabilidad de las medidas

Decimos que un conjunto de medidas es unidimensional cuando todas ellas están íntimamente relacionadas por compartir un patrón común, requisito indispensable para poder situar un conjunto de variables sobre una misma escala. En el modelo de Rasch esto se valora de dos formas. Por una parte, estudiando las correlaciones entre cada dimensión y el conjunto global del cuestionario y, por otra, a través de la varianza explicada en un análisis de componentes principales de residuos. En nuestro caso, y tras eliminar la dimensión 1, las correlaciones fueron bastante altas, oscilando entre 0,54 y 0,78. Por otro lado, la varianza explicada por el factor principal en análisis de componentes principales de residuos fue del 48,9%, con una varianza inexplicada mucho menor, concretamente del

10,7% y un valor propio de 1,7 que es menor de 2 y, por tanto, insuficiente para aconsejar contemplar un segundo factor (LINACRE, TENNANT, 2009). En tales circunstancias podemos aceptar la unidimensionalidad del conjunto de dimensiones.

Por otro lado, el modelo de Rasch proporciona medidas de fiabilidad tanto para los ítems (dimensiones) como para los sujetos. Para los ítems la fiabilidad fue de 0,91, que es bastante alta, mientras que para los sujetos fue de 0,78 que también es bastante buena.

Tercera fase: Construcción del mapa de Wright

Una información importante que proporciona el modelo de Rasch es el mapa de Wright, en el que se superpone, en una misma escala (medida en logits), el desempeño de los estudiantes y la dificultad de cada dimensión (Figura 2). En este sentido, el modelo proporciona para cada estudiante una puntuación global para la variable latente y una medida de dificultad para cada dimensión, lo que permite hacer comparaciones visualmente.

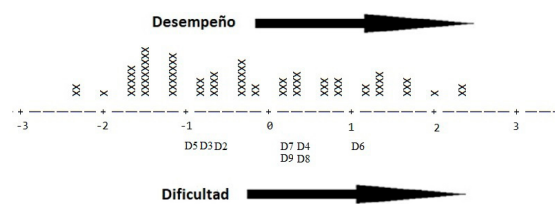


Figura 2.

Fuente: Elaboración propia.

Si un sujeto (representado por una cruz) aparece a la derecha de una dimensión, significa que su desempeño es superior a la dificultad que ésta presenta y, por consiguiente, debería superarla sin problema. Por el contrario, un sujeto situado a la izquierda debería tener dificultades con la misma. La situación ideal es que haya cierta variedad de dificultad en las dimensiones o ítems que se manejan, cosa que sucede en este caso, y que exista el mayor solapamiento posible entre desempeños y dificultades, cosa que también ocurre. En este último sentido, el rango completo de dificultades encontradas para

las dimensiones consideradas, desde -1 hasta +1 aproximadamente, se encuentra comprendido dentro de los límites de desempeño observado para los estudiantes.

Este diagrama permite asimismo comparar la dificultad de distintas dimensiones. Se puede observar cómo la definición de función de relación (dimensión 6) resulta la más difícil, seguida de las dimensiones 4 y 8, destinadas a definir las funciones de reproducción y nutrición. Muy cercanas a estas últimas aparecen las dimensiones 7 y 9, dedicadas a la identificación de ejemplos sobre las funciones de relación y nutrición, respectivamente. Y, por último, más a la izquierda se encuentran, por este orden, las dimensiones 2, 3 y 5, que evalúan, respectivamente, la definición funcional de ser vivo, así como la identificación de ejemplos de seres vivos y de reproducción. Así pues, se observa una mayor facilidad en los participantes para identificar ejemplos que para dar una definición apropiada, tanto en la idea de ser vivo como de las distintas funciones vitales.

Cuarta fase: análisis de la secuencia de niveles de las escalas

Una de las ventajas del modelo de Rasch es que permite analizar la validez de las métricas usadas para crear las escalas. Con tal fin se trazaron las curvas de probabilidad de las rúbricas, las cuales mostraron un comportamiento equilibrado y ordenado, como se observa en la Figura 3. En ella, se representa la probabilidad de que un determinado estudiante quede ubicado en un nivel específico de la rúbrica, en función de su desempeño relativo a la dificultad de la dimensión. Como se ve, el orden de las curvas de los distintos niveles sigue el orden lógico que cabía esperar. Así, el nivel 4 se muestra como el más exigente, siguiéndole, por este orden, el 3, 2 y el 1.

4.3 Uso de la rúbrica final para la comparación de resultados entre ambas muestras

La segunda pregunta de investigación se refería al estudio de los resultados de la rúbrica en estudiantes

para maestro respecto a los de graduados en ciencias. Ello, además de aportar información sobre los resultados de los maestros en formación, permitiría determinar si la rúbrica usada aporta muestra sensibilidad en las medidas. El análisis se realizó mediante las distribuciones de frecuencias correspondientes a cada dimensión, por un lado, y mediante las medidas de la variable latente del modelo de Rasch para el conjunto de dimensiones, por otro.

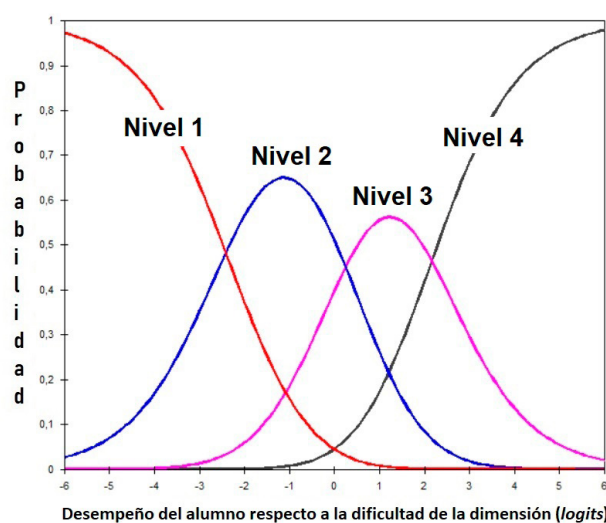


Figura 3. Curvas de probabilidad y niveles de desempeño del alumno en relación a la dificultad de la dimensión.

Fuente: Elaboración propia.

Comenzando con la primera comparación, la Figura 4 muestra las distribuciones de frecuencias por dimensiones, niveles y grupos. En ella observamos que las respuestas de los maestros en formación suelen moverse alrededor de los niveles más bajos de la rúbrica, predominando los niveles 1 y 2 en todas las dimensiones, y con una presencia meramente testimonial del nivel más alto posible. Así, de un lado, tienen dificultades para identificar qué es un ser vivo, usando en su lugar, como elementos definitorios, características propias del ser vivo pero que no la definen: nacer, crecer, morir y/o movimiento. Al lado de ello, una parte importante solo es capaz de mencionar los reinos animal y vegetal como ejemplos de seres vivos, si bien más de la mitad es capaz de citar otros adicionales, aunque nunca todos los reinos. Por otro lado, predominan

los estudiantes que solo definen la reproducción a un único nivel, normalmente a nivel macroscópico, aunque a la hora de identificar ejemplos concretos predominan aquellos que lo hacen al menos a dos niveles, normalmente macroscópico y microscópico. Asimismo, la mayoría desconoce la función de relación, aunque algunos la pueden llegar a reconocer como la capacidad de captar estímulos o de responder ante ellos, pero no de ambas cosas a la vez. Las dificultades persisten cuando se trata de identificar dicha función a través de casos concretos, aunque aparece una pequeña fracción que sí llega a hacerlo, aunque con escaso nivel de detalle en su explicación. Finalmente, la mayoría concibe la nutrición, tanto en su explicación como en al menos un dibujo, como proceso de adquisición de materia o de energía, pero no de ambos a la vez.

Por contrapartida, los resultados obtenidos son bastante mejores para los graduados. Si bien todavía se aprecia un margen de mejora, ahora las respuestas manejadas se mueven ya en niveles intermedios y, algunas veces, superiores. Los participantes en este caso sí identifican bien qué es un ser vivo y suelen mencionar ejemplos más allá de los reinos animal y vegetal, incluso en algunos casos se aportan ejemplos de todos los reinos. Por otro lado, aun con ciertas imprecisiones, suelen concebir la reproducción al menos a dos niveles, y de hecho suelen identificar ejemplos concretos, como también de la función de relación. Sin embargo, persisten dificultades a la

hora de definir las funciones de relación y nutrición y de identificar ejemplos de esta última con una justificación suficientemente adecuada.

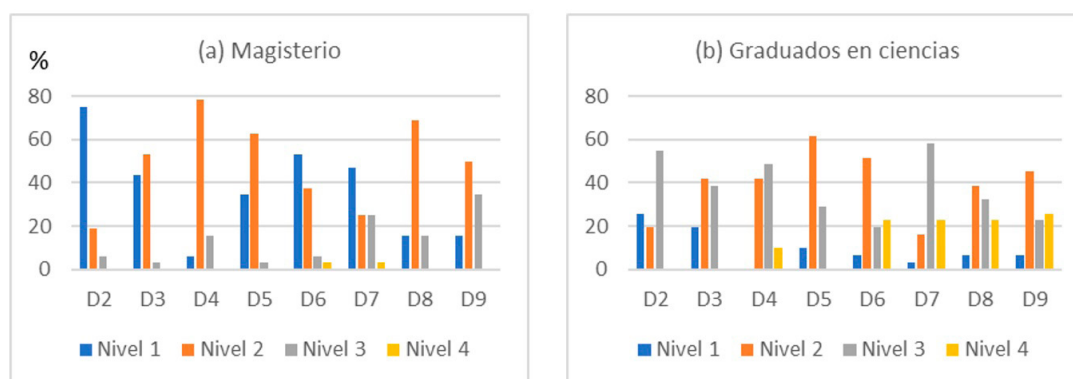
Para la segunda comparación se utilizaron los datos de la variable latente que emerge del análisis de Rasch. La Figura 5 muestra los histogramas correspondientes a cada grupo objeto de comparación, donde el eje horizontal representa una escala de por lo general puntuaciones más bajas.

Al objeto de delimitar si las diferencias encontradas son o no significativas, se llevó a cabo la prueba de U de Mann Whitney, la cual arrojó un valor de $U=95,500$; $Z=-5,524$ ($p=0,000$) que nos permite rechazar la hipótesis nula y considerar que ambas muestras proceden de poblaciones diferentes. Por tanto, podemos concluir que los dos grupos, maestros en formación y graduados en ciencias, presentan resultados diferentes a favor de los últimos.

5. Discusión

Como primera etapa se realizó un estudio cualitativo de las respuestas encontradas. Sus conclusiones coinciden con las de otras investigaciones en las que aparecen ideas alternativas sobre la noción de ser vivo, que la asocian a características particulares como la respiración, el movimiento, la alimentación o el crecimiento, en lugar de definirlo a partir de las tres funciones vitales (GALLEGOS-CÁCERES *et al.* 2016; MARTÍNEZ-LOSADA, GARCÍA-BARROS, GARRIDO,

Figura 4. Distribución de porcentajes de respuestas en estudiantes de magisterio y graduados en ciencias



Fuente: Elaboración propia.

2014; NOUREDDINE, ZOUHAIRA, 2017). Además, al igual que en otros estudios (GARCÍA-BARROS, MARTÍNEZ-LOSADA, FUENTES, 2017), se observa que, al citar ejemplos de seres vivos, muchos sujetos mencionan preferentemente a animales o, en su caso, a vegetales, pero con bastante menor frecuencia se alude a los tres reinos restantes. Asimismo, se detecta coincidencia con la bibliografía en el limitado uso que hicieron los participantes de la noción de célula como unidad de vida, ya que una escasa proporción llegó a usarla para describir qué es un ser vivo (GONZÁLEZ-WEILL, HARMS, 2012; MAGUREGUI, 2013). Este resultado coincide también con el obtenido en otras preguntas del cuestionario, en las cuales, a la hora de definir las funciones vitales o identificar ejemplos de las mismas, predominaron las explicaciones a nivel macroscópico sobre las de tipo microscópico.

Por otro lado, y en respuesta al primer objetivo del estudio, se pudo constatar la validez interna de la rúbrica construida, para lo que se realizó un análisis del ajuste de los datos al modelo de Rasch. Los indicadores de ajuste MNSQ obtenidos arrojaron valores superiores a 0,5; lo que sugiere que ninguna de las dimensiones contempladas es redundante (LINACRE, 2002), por lo que todas ellas aportan información útil para definir qué es un ser vivo. De hecho, la combinación de conocimiento declarativo a través de la definición de vida, ser vivo y de cada una de las funciones vitales, junto con la oportunidad de aportar ejemplos concretos tanto de aquél como de éstas últimas, proporcionan información conceptual y contextual que permite delimitar gran parte de la esencia del constructo manejado.

De forma análoga, como hemos visto también, los mencionados indicadores de ajuste están por debajo del valor de 1,5. Ello sugiere un limitado nivel de aleatoriedad de las respuestas, algo siempre deseable en cualquier evaluación. La excepción la encontramos en la dimensión 1 que mostró un comportamiento anómalo en ese sentido, por lo que fue eliminada de la rúbrica. De hecho, dicha dimensión no resultó de utilidad a la hora de hacer comparaciones, ya que solo ocasionalmente los participantes usaron la idea de célula.

Por otro lado, los valores de la rúbrica en las diferentes dimensiones mostraron un razonable nivel de unidimensionalidad; esto es, las medidas apuntaban hacia un factor común. Este dato es importante por al menos dos motivos. Primero, porque la unidimensionalidad es un requisito exigido para en el análisis de Rasch. Segundo, porque ello indica que las distintas dimensiones manejadas pueden considerarse indicadores de un mismo constructo, lo que da sentido a que hablemos de la idea de ser vivo como modelo. Como señala CONCARI (2001), un modelo es la estructura que da soporte en su aplicación al conjunto de enunciados articulados que componen una teoría.

El mapa de Wright mostró que las dificultades de las dimensiones y el desempeño de los estudiantes tenían un nivel adecuado de solapamiento, lo que indica que la prueba es apropiada para la muestra en su conjunto. Además, proporciona información útil sobre la dificultad relativa de las distintas dimensiones contempladas, aspecto que no hemos encontrado en estudios anteriores. Así, para los participantes, fue más complicado definir las funciones vitales que la idea de ser vivo, como también les resultó más difícil las preguntas de definición que las de identificación y justificación de ejemplos. De las tres funciones vitales, la más difícil de definir parece que fue la de relación.

Sin duda, uno de los análisis más interesantes realizados se refiere al estudio de la métrica de la rúbrica empleada en las distintas dimensiones. Como hemos visto, la rúbrica empleada presenta globalmente una métrica adecuada, al observarse una secuencia lógica y ordenada de los niveles implicados. Ello unido a una fiabilidad considerable en los datos manejados, sugiere que una rúbrica de cuatro niveles puede ser suficiente para caracterizar el saber del alumnado. Por otra parte, recordemos, el cuestionario se administró a dos grupos diferenciados, lo que permitía disponer de un amplio espectro de respuestas heterogéneas, facilitando así la construcción de una rúbrica transferible. Pero ello, además, posibilitó el estudio comparativo entre maestros y graduados que complementa al anterior, ya que sirve para constatar

la validez discriminativa de las medidas que aporta la rúbrica, estadísticamente diferentes para maestros en formación inicial y para graduados en ciencias. Por tanto, la rúbrica manejada es sensible al nivel de formación de los sujetos, lo que nos permitirá usarla en el futuro para detectar cambios en el desempeño de los estudiantes ante secuencias de enseñanza-aprendizaje dirigidas con tal fin. Pero además de ello, la comparación de resultados de la rúbrica en ambas submuestras ha permitido obtener información valiosa sobre las ideas que traen los estudiantes para maestro sobre el modelo de ser vivo. Estas son coincidentes con las que aparecen en la literatura y que ya se han comentado antes (BAHAR, 2003; CAÑAL, 2008; GONZÁLEZ, 2015; RIVADULLA, FUENTES, DE LA ENCINA, 2017).

6. Consideraciones finales

En el artículo se ha mostrado, en primer lugar, el diseño y validación de la rúbrica de un cuestionario dirigido a evaluar el desempeño de los estudiantes sobre el modelo de ser vivo. Para ello, nos apoyamos en un estudio cualitativo y en un análisis cuantitativo mediante el modelo de Rasch. Unido a ello, se ha llevado a cabo un análisis del desempeño de estudiantes para maestro en comparación con el de graduados en ciencias. Los resultados obtenidos han mostrado la existencia de diferencias significativas entre ambos grupos, registrándose en los primeros, ideas más alejadas respecto al modelo escolar.

Un aspecto a considerar como limitación del estudio, es que el muestreo realizado no haya sido aleatorio sino circunstancial, algo que podría cuestionar la posibilidad de generalizar sus resultados. No obstante, conviene indicar que sus conclusiones concuerdan plenamente con las encontradas en la bibliografía sobre la comprensión de la noción de ser vivo en los estudiantes (BABAI, SEKAL, STAVY, 2010; BAHAR, 2003; CAÑAL, 2008; MARTÍNEZ-LOSADA, GARCÍA-BARROS, GARRIDO, 2014; RIVADULLA, FUENTES, DE LA ENCINA, 2017), así como sobre las dificultades que encuentran los maestros en formación, y para desarrollar una

visión compleja de la noción de ser vivo (BONIL, PUJOL, 2008; GARCÍA-BARROS, MARTÍNEZ-LOSADA, FUENTES, 2017). Otra limitación podría referirse a que el tamaño de muestra no haya sido muy extenso. Pero conviene recordar que el estudio realizado no es solo cuantitativo, sino que abarca también un estudio cualitativo de categorización, lo que obliga necesariamente a que las muestras manejadas sean limitadas para que la investigación sea factible. Estudios futuros, no obstante, intentarán contrastar también estos resultados con muestras adicionales.

En resumen, los resultados de la investigación proporcionan instrumentos de recogida y análisis de datos válidos y fiables con vistas a futuras investigaciones, así como información valiosa sobre la comprensión de maestros en formación en torno al modelo de ser vivo. Precisamente, en estos momentos estamos ensayando una intervención didáctica en torno al modelo de ser vivo, dirigida a estudiantes para maestros de primaria y basada en progresiones de aprendizajes (GIORDANO, 2021). En este marco, la rúbrica desarrollada, no solo nos habrá resultado útil para conocer el punto de partida de los participantes, sino que también nos ayudará en su momento a evaluar la progresión en sus modelos. Esperamos, en un futuro cercano, poder aportar información sobre los resultados obtenidos.

7. Agradecimientos

Financiado por: FEDER/Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades–Agencia Estatal de Investigación/_Proyecto EDU2017-82518-P.

8. Referencias

- ADÚRIZ-BRAVO, A. Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química. *Educación química*, v. 23, pp. 1-9. 2012. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(17\)30151-9](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(17)30151-9)
- AERA, APA, NCME. *Standards for educational and psychological testing*. Washington, DC: American Educational Research Association, 2014.

- ARMARIO, M.; OLIVA, J. M.; JIMÉNEZ-TENORIO, N. Spanish Preservice Primary School Teachers' Understanding of the Tides Phenomenon. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 20, pp. 1361–1386. 2022. <https://doi.org/10.1007/s10763-021-10209-7>
- BABAI, R.; SEKAL, R.; STAVY, R. Persistence of the intuitive conception of living things in adolescence. **Journal of Science Education and Technology**, v. 19, pp. 20-26. 2010. <https://doi.org/10.1007/s10956-009-9174-2>
- BAHAR, M. A study of pupils' ideas about the concept of life. **Kastamonu Education Journal**, v. 11, n. 1, pp. 93-104. 2003
- BLANCO-ANAYA, P.; DÍAZ, J. Análisis del nivel de desempeño para la explicación de fenómenos de forma científica en una actividad de modelización. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, v. 14, n. 3, pp. 505-520. 2017. <https://doi.org/10498/19504>
- BOGDAN, R.; GRECA, I. M.; MENESES-VILLAGRÁ, J. A. Dificultades de maestros en formación inicial para diseñar unidades didácticas usando la metodología de indagación. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación Científica**, v. 14, n. 2, pp. 442-457. 2017. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.11
- BONIL, J.; PUJOL, R.M. Orientaciones didácticas para favorecer la presencia del modelo conceptual complejo de ser vivo en la formación inicial de profesorado de educación primaria. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 26, n. 3, pp. 403-418. 2008. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3751>
- BUNGE, M. **Method, Model and Matter**. Reidel Publishing Company. 1973.
- CAÑAL, P. **Proyecto curricular investigando nuestro mundo (6-12). Investigando los seres vivos**. Díada Editora. Sevilla: España, 2008.
- CONCARI, S. B. Las teorías y modelos en la explicación científica: implicancias para la enseñanza de las ciencias. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 7, n. 1, pp. 85-94. 2001. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000100006>
- DARROZ, L. M.; WERNER DA ROSA, C. T.; DE GRANDIS, C. D. Concepções de um grupo de professores de anos iniciais acerca dos conceitos básicos da astronomia. **Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias**, v. 11, n. 2, pp. 240-255. 2016. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.gdla.2016.v11n2.a6>
- DE LAS HERAS, M. A. El concepto de ser vivo: estudio de las dificultades y obstáculos del proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula de primaria. **Revista de Educación en Biología**, v. 13, n. 1, pp. 59-61. 2010.
- DESIGN-BASED RESEARCH COLLECTIVE. Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. **Educational researcher**, v. 32, n. 1, pp. 5-8, 2003.
- FANTINI, V.; JOSELEVICH, M. Indagando sobre división celular. In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA, INNOVACIÓN Y EDUCACIÓN, 1703. Buenos Aires: Argentina. 2014.
- GALINDO, A. A. G.; PUIG, N. S.; PUJOL, R. M. Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, v. 25, n. 3, pp. 325-340. 2007.
- GALLEGOS-CÁCERES, L.; GARCÍA-RIVERA, B.; FLORES-CAMACHO, F.; CALDERÓN-CANALES, E. Models of living and non-living beings among indigenous community children. **Review of Science, Mathematics and Ict Education**, v. 10, n. 2, pp. 5-27. 2016. <https://doi.org/10.26220/rev.2710>
- GARCÍA, M. P. Los modelos como organizadores del currículo en biología. **Enseñanza de las Ciencias**, n. extra, VII Congreso, pp. 1-5. 2005.
- GARCÍA, S. La reproducción desde la ciencia escolar. **Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales**, v. 88, pp. 7-13. 2017.
- GARCÍA-BARROS, S.; MARTÍNEZ-LOSADA, C.; FUENTES, M. J. Conjugando el ámbito científico y didáctico en la formación docente. El caso del modelo de ser vivo. **Enseñanza de las Ciencias**, n. extra, X Congreso internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, pp. 109-114. 2017.
- GEFAELL, J.; MEGÍAS, M.; ROLAN, E. **Origen de la vida. Definición de vida**. S.F. <http://evolucion.webs7.uvigo.es/14-Origen-vida/1-definicion.php>

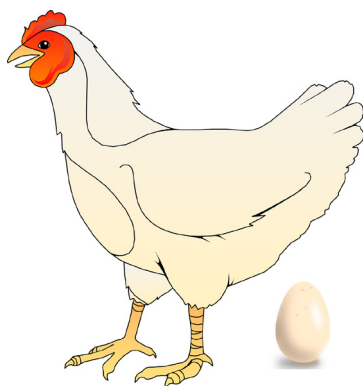
- GILBERT, J.; BOULTER, C.; ELMER, R. Positioning Models in Science Education and in Design and Technology Education. In: GILBERT, J. K.; BOULTER, C. J. (Org). **Developing Models in Science Education**. Dordrecht: Kluwer, 2000. pp. 3-17.
- GIORDANO, E. Una progresión de aprendizaje sobre ideas básicas entre Física y Astronomía. **Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias**, vol. 16, n. 2, pp. 272-293. 2021. <https://doi.org/10.14483/23464712.17107>
- GÓMEZ, A. A.; SANMARTÍ, N.; PUJOL, R. M. Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 25, n. 3, pp. 325-340. 2007.
- GONZÁLEZ, F. **Didáctica de las ciencias para Educación Primaria II. Ciencias de la vida**. Pirámide. Madrid: España, 2015.
- GONZÁLEZ-WEILL, C.; HARMS, U. Del árbol al cloroplasto: concepciones alternativas de estudiantes de 9º y 10º grado sobre los conceptos <<ser vivo>> y <<célula>>. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 30, n. 3, pp. 31-52. 2012. <https://doi.org/10.5565/rev/ec/v30n3.144>
- JANSSEN, G.; MEIER, V.; TRACE, J. Building a better rubric: Mixed methods rubric revision. **Assessing Writing**, v. 26, pp. 51-66. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.asw.2015.07.002>
- JOYCE G. **The Dawn of Biology Current Views Concerning the Origins of Life**. Lecture, Scripps Institution of Oceanography. La Jolla: California, 1991.
- LINACRE J.M., TENNANT A. More about Critical Eigenvalue Sizes (Variances) in Standardized-Residual Principal Components Analysis (PCA). **Rasch Measurement Transactions**, v. 23, n. 3, pp. 1228, 2009.
- LINACRE, J. M. **A user's guide to Winsteps/Ministeps Rasch model programs**. MESA Press. Chicago, 2020.
- LINACRE, J. M. What do Infit and Outfit, Mean-square and Standardized mean? **Rasch Measurement Transactions**, v. 16, n. 2, pp. 878. 2002.
- LIU X.; BOONE W. J. Introduction to Rasch measurement in science education. In: **Applications of Rasch measurement in science education**. JAM Press. Maple Grove: Minnesota, 2006. pp. 1-22.
- LÓPEZ, A. D.; ANGULO, F. Representaciones estudiantiles sobre nutrición humana como modelo estudiantil inicial para referencia didáctica. **Revista Latinoamericana de Estudios Educativos**, v. 12, n. 2, pp. 83-108. 2016.
- MAGUREGUI, G. El modelo de ser vivo: una secuencia indagativa con alumnado del grado de Educación Primaria. **Enseñanza de las Ciencias**, n. extra, pp. 2075-2081. 2013.
- MARCOS-MERINO, J. M.; ESTEBAN, R.; GÓMEZ, J. Formando a futuros maestros para abordar los microorganismos mediante actividades prácticas. Papel de las emociones y valoraciones de los estudiantes. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación Científica**, v. 16, n. 1, pp. 1602. 2019. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i1.1602
- MARTÍNEZ-LOSADA, C.; GARCÍA-BARROS, S.; GARRIDO, M. How children characterise living beings and the activities in which they engage. **Journal of Biology Education**, v. 48, n. 4, pp. 201-210. 2014. <https://doi.org/10.1080/00219266.2013.849281>
- MORA, N. J. Propuesta didáctica para enseñar conceptos asociados al modelo 'ser vivo' en nivel medio. **Educación en Ciencias Biológicas**, v. 4, n. 1, pp. 10-22. 2019. <http://repositorio.cfe.edu.uy/handle/123456789/579>
- MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M.; RODRÍGUEZ PALMERO, M. L. Los modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza/aprendizaje de las ciencias. [Mental models and conceptual models in the teaching and learning of science]. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 2, n. 3, pp. 36-56. 1997.
- MORRISON, M.; MORGAN, M. S. Models as mediating instruments. In **Models as mediators** (pp. 10-37). Cambridge University Press: Cambridge: USA, 1999. pp. 10-37.
- NOUREDDINE, Z.; ZOUHAIRE, L. Study of middle school students' conceptions regarding the living concept. **International Journal of Environmental & Science Education**, v. 12, n. 3, pp. 475-484. 2017. DOI: 10.12973/ijese.2016.1242p
- NÚÑEZ, F.; BANET, E. Modelos conceptuales sobre las relaciones entre digestión, respiración y circulación. **Enseñanza de las ciencias**, vol. 14, n.3, pp. 261-278. 1996. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4203>

- ÖZGÜR, S. A study on Young Turkish students' living thing conception. **Educational Research and Reviews**, v. 13, n. 5, pp. 150-165. 2018. <https://doi.org/10.5897/ERR2018.3476>
- PERETÓ J. Controversies on the origin of life. **International Microbiology**, v. 8, pp. 23-31. 2005.
- PIGRAU, T.; SANMARTÍ, N. *Model per interpretar sistemes vius*. 2015. http://media.wix.com/d/81d0d8_2bd-060dd60e84ba88ed018a28dc03fe6.pdf
- POZO, J. I., GÓMEZ-CRESPO, M. A. **Aprender y enseñar ciencia**. Morata, 1998.
- RASCH, G. **Probabilistic Models for some Attainment and Intelligence Tests**. Pedagogiske Institut. Copenhagen: Dinamarca, 1960.
- REINOSO, R.; DELGADO-IGLESIAS, J.; FERNÁNDEZ, I. Learning difficulties, alternative conceptions and misconceptions of student teachers about respiratory physiology. **International Journal of Science Education**, v. 41, n. 18, pp. 2602-2625. 2019. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1690177>
- RIVADULLA, J. C.; FUENTES, M. J.; DE LA ENCINA, C. El concepto de ser vivo en el alumnado de educación primaria. In: MEMBIELA, P.; CASADO, N.; CEBREIROS, M. I.; VIDAL, M. (Org). **La práctica docente en la enseñanza de las ciencias**. Educación Editora. Ourense: España, 2017.
- RIVADULLA, J. C.; GARCÍA, S.; MARTÍNEZ, C. La nutrición humana en la educación obligatoria. Dificultades y análisis conceptual. In: JIMÉNEZ, M. R. (Org). **Ciencias para el mundo contemporáneo y formación del profesorado en didáctica de las ciencias experimentales**. Editorial Universidad de Almería. Almería: España, 2008.
- WEISZ, P.B. **La ciencia de la biología**. Editorial Omega. 1975.

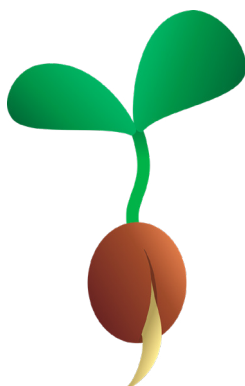


Anexo I

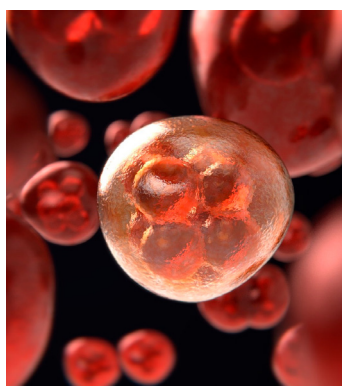
A.



B.



C.



D.



Anexo I

A.



B.



C.

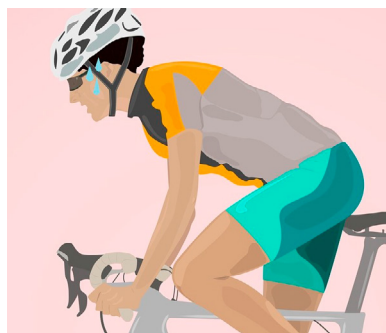


D.

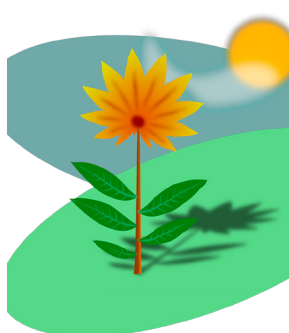


Anexo I

A.



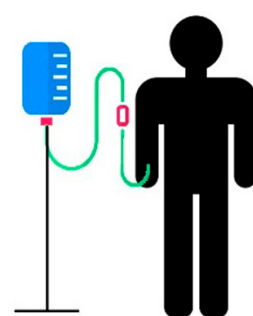
B.



C.



D.



Anexo IV. Ejemplos de respuesta por pregunta y niveles

Dimensiones	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
1		“Un ser vivo es aquel que se encuentra compuesto por materia orgánica [...] composición por átomos de materia orgánica”	“Las características de un ser vivo son aquellas tañes como: compuestos por células [...]”	“Los seres vivos presentan un alto grado de complejidad (tanto en su composición como su organización), y esto se manifiesta en la agrupación de sus elementos constituyendo células.”
2		“Un ser vivo nace, crece, se reproduce y muere. [...] Además, los seres vivos respiran.”	“Que pueda realizar las funciones vitales: nutrición, relación y reproducción. Que nazca, crezca, se pueda reproducir si lo desea, se relacione, y muera.”	“Las principales características de los seres vivos se basan en tres funciones: la nutrición, relación y reproducción.”
3 (*)		“1. Girasol, 2. Roble 3. Perro 4. Estrella de mar 5. Mujer 6. Libélula 7. Mosca 8. Serpiente”	“1. Seres humanos 2. Plantas 3. Peces 4. Aves 5. Musgos 6. Mamíferos 7. Crustáceos 8. Hongos”	“1. Perro 2. <i>Ginkgo biloba</i> 3. <i>E. coli</i> (bacteria) 4. Ser humano 5. <i>S. cerevisiae</i> (levadura) 6. Spirulina (microalga) 7. Helecho 8. Piojo”
4	“Cuando realizan algún proceso para multiplicarse.”	“La reproducción sería el mecanismo mediante el cual los seres vivos logran procrear, es decir, crean nuevos individuos de su misma especie.”	“Es la función mediante la que los seres vivos se reproducen y mantienen la especie, gracias a la fecundación y un período de gestación. Existen diversas formas de reproducción, en la mayoría de los casos interviene un macho y una hembra.”	“La capacidad para perpetuar el material genético (con ciertas variaciones debido a las mutaciones) generando así nuevos individuos con características semejantes a los progenitores (reproducción sexual) o clones de la célula progenitora (reproducción asexual).”
5	“La gallina es un ser vivo ovíparo [...] los seres humanos somos vivíparos [...]”	“Es una reproducción ya que las gallinas al reproducirse obtienen huevos con embrión, de donde nacen las gallinas. Dos seres humanos al reproducirse han creado otro ser humano.”	“La germinación de la planta a través de la semilla es un proceso similar. Esta semilla se originó tras la fecundación, integrando material genético procedente del óvulo y del grano de polen, y al germinar dará lugar a una nueva planta.”	“El huevo, gameto femenino, si ha sido fecundado, las células comenzarán a dividirse y diferenciarse hasta la formación de un pollito. En caso de que el huevo no haya sido fecundado, sólo quedará la parte femenina y no sería capaz de formar un nuevo ser vivo. [...] El tono de piel del bebé de la foto muestra la combinación genética de ambos parentales a la hora de formar el nuevo ser vivo.”
6	“La función de relación de un ser vivo es la capacidad de relacionarse con el medio en el que vive, así como el relacionarse con individuos de su misma o distinta especie.”	“Es la capacidad que tienen los seres vivos de recibir información mediante la naturaleza o el medio que habitan.”	“Capacidad de captar cambios en y del entorno y producir una respuesta adecuada a esos cambios.”	“Es el acto a través del cual un ser vivo es estimulado por el medio, incluyendo, por ejemplo, a otro ser, y este emite una respuesta. También este ser puede realizar cambios en su medio.”
7	“Dos individuos de la misma especie se relacionan con su igual mediante el habla, la función principal es la socialización.”	“La mano al tocar el fuego recibe la información de que este quema, por lo que sí tiene conexión.”	“El pájaro pía para comunicarse con otros pájaros y los motivos pueden ser diversos. Uno de ellos podría ser una forma de atracción relacionada con el apareamiento.”	“La luz estimula el crecimiento de la planta (estímulo), la planta crece hacia la luz (respuesta).”
8	“Es una función primordial para poder vivir.”	“Capacidad de obtener energía para poder seguir viviendo.”	“Es el proceso mediante el cual se obtienen todos los componentes necesarios, llamados nutrientes, para llevar a cabo las funciones energéticas, estructurales y reguladoras de los seres vivos.”	“La nutrición es el mecanismo por el que se absorben los nutrientes necesarios procedentes de la alimentación. Es necesaria para proporcionar al organismo energía y nutrientes fundamentales para realizar las diferentes funciones del organismo.”
9	“[...] Las personas deben nutrirse bien y no tomar cosas que no sean necesarias [...]”	“Esta foto está muy relacionada con la función de nutrición, ya que la planta está realizando la fotosíntesis que, a grosso modo, le permite obtener materia orgánica a partir de moléculas inorgánicas.”	“Los niños se alimentan con nutrientes para crecer y obtener energía.”	“Cuando el aparato digestivo de una persona no funciona correctamente, el aporte de alimentos puede hacerse directamente a la sangre para obtener las biomoléculas necesarias para la obtención de energía para el funcionamiento vital.”

(*) Todos los ejemplos de una misma casilla fueron dados por un mismo sujeto.