



Diseño y validación de una prueba objetiva para evaluar competencias específicas en ciencias naturales de educación primaria*

Gloria Viviana Barinas Prieto¹, Florentina Cañada Cañada¹, Emilio Costillo Borrego¹, Elías Francisco Amórtegui Cedeño².

¹Facultad de Educación y Psicología, Universidad de Extremadura, Badajoz España,

²Facultad de Educación, Universidad Surcolombiana, Neiva Colombia.

[Recibido el 7 de noviembre de 2022, aceptado el 22 de abril de 2023]

Este artículo describe el diseño y validación de una prueba objetiva sobre ecosistemas en ciencias naturales y educación ambiental para niños de educación primaria. Su estructura responde a la propuesta de evaluación del Icfes (2018, 2019), asociada al Diseño Centrado en Evidencias para evaluar competencias. Participaron 133 sujetos de 4° entre 7 a 11 años en instituciones de educación pública (Colombia). Su validez consideró la evaluación de jueces expertos y el análisis de los índices de dificultad y de discriminación; para la fiabilidad se estimó el coeficiente de correlación biserial y el coeficiente KR-20. Entre los resultados se obtuvieron índices dentro del rango de dificultad y discriminación de acuerdo con los criterios de Backhoff et al. (2000) y Ortiz et al. (2015); también la confiabilidad fue apropiada con 0.74. Se concluye que los resultados de la prueba son adecuados, de calidad y evalúan la indagación, la explicación y el uso comprensivo del conocimiento científico.

Palabras clave: educación básica; evaluación del estudiante; prueba de respuesta múltiple; habilidad; competencia; validación; fiabilidad.

Design and validation of an objective test to assess specific natural science skills in primary education

The aim of this article is to describe the design and validation of an objective test about ecosystems within the primary school natural science and environmental education curriculum. The test follows the evidence-centred design and structure of the Icfes assessment model (2018, 2019). The sample for the study comprised 133 students from public schools in Colombia, aged between 7 and 11 years. The test was validated by a panel of experts and an analysis of its difficulty and discrimination indices. Test reliability was assessed by calculating the biserial correlation and KR-20 coefficients. The results showed indices of difficulty and discrimination in keeping with Backhoff et al. (2000) and Ortiz et al. (2015). Reliability was also found to be acceptable at 0.74. The study findings show that the results of the test are appropriate, the quality is sufficient, and the test assesses the natural science skills of inquiry, explanation and comprehensive use of scientific knowledge.

Keywords: primary education; student assessment; multiple choice tests; skills; competence; validation; reliability.

*Este artículo es derivado de la tesis doctoral denominada "Caracterización de la dimensión afectiva y cognitiva de las ciencias naturales en educación primaria" para sustentar en la Universidad de Extremadura, Badajoz, España, en el Doctorado en Investigación en la Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias Experimentales, Sociales, Matemáticas y la Actividad Física y Deportiva.

Para citar el artículo. Barinas-Prieto, G., Cañada-Cañada, F., Costillo-Borrego, E. y Amórtegui-Cedeño, E. (2023). Diseño y validación de una prueba objetiva para evaluar competencias específicas en ciencias naturales de educación primaria. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 7(1), 17-33. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2023.7.1.9353>

Contacto. gbarinas@alumnos.unex.es; flori@unex.es; costillo@unex.es; elias.amortegui@usco.edu.co

Introducción

En la enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales y educación ambiental –CNEA–, el concepto ecosistema es observado como un tema fundante en el currículo, en razón a su naturaleza integradora, dinámica y con alto potencial formativo. Desde sus interrelaciones explícitas e implícitas integra lo sociocultural, las experiencias de la cotidianidad, el entendimiento del entorno y el ambiente, con la construcción del pensamiento científico, la formación científica tecnológica, el compromiso personal del estudiante con las problemáticas socioambientales y su tratamiento (Domènech2020; Martínez, 2017; MEN, 1998).

Sin embargo, en la educación primaria, a pesar de que este concepto consolida y fortalece una base para la percepción crítica, reflexiva y analítica sobre los fundamentos y prácticas ambientales y es transversal para la formación ciudadana (García y Moreno, 2015), su aprendizaje presenta grandes obstáculos para comprender su dinamismo y equilibrio, mantener la visión completa de la biocenosis y su relación con el biotopo, superar el pensamiento antropocéntrico y transformar las concepciones alternativas (Bugallo et al., 2018; García, 2020). A esto se añade que estas preconcepciones son muy importantes e incluso se extienden a otras etapas educativas (García y Bugallo, 2021) y paulatinamente van afectando en el hacer de los sujetos, su relación humanidad-naturaleza, las formas de habitar y sustentar la vida (Cadavid et al., 2021).

Es así que lo anterior demanda en la estructura conceptual de ecosistema en el aula, adoptar una visión pluralista cargada con valores significativos, que motiven acciones sistémicas que estimen el cuidado y preservación del medio ambiente (Toro et al., 2021); además, plantear situaciones reales que incrementen el interés y permitan a los niños relacionar los problemas de su entorno con sus prácticas habituales, con base a la reflexión y comprensión de hechos científicos que proponen una construcción dinámica y globalizante del ecosistema (Bugallo et al., 2018; Jaén et al., 2018).

Atendiendo esta realidad, se fijó como objetivo diseñar y validar una prueba objetiva, denominada Ecosistemas de Ciudad Bolívar –ECOCIBO¹–, que evalúa formativamente las competencias y habilidades específicas emergentes de la construcción del concepto de ecosistema. Su elaboración es relevante, ya que considera la realidad biofísica, social, política, económica y cultural de los sujetos participantes y permite entender las construcciones emergentes de la interrelación del contexto interno y externo de la escuela. Este instrumento, además, responde al diagnóstico del concepto ecosistema como un saber holístico que fusiona saberes asociados a procesos naturales en la distribución e interacción de los organismos, los flujos de materia y energía.

También, con sus resultados, se consolida un sustento (ideas, preconceptos y conceptos) que contribuye a orientar didácticamente la construcción de estrategias enfocadas hacia el nivel de logro de las metas de aprendizaje, en correlación a las competencias específicas en CNEA. También favorece, en el contexto escolar desde un modelo pedagógico ambiental, sistémico e interdisciplinar, emprender acciones individuales y colectivas asociadas a prácticas sustentables para la conservación y reducción del impacto (Bustamante-Toro y López-Castaño, 2022).

1 Disponible en https://drive.google.com/file/d/1XvPZxzg258q07lpzy8cL8HQj4VSPLen/view?usp=share_link

Materiales y métodos

Participantes

Este instrumento se aplicó a 133 estudiantes, 62 niñas y 71 niños; con edades entre 7 y 11 años, cuya media total (desviación estándar) correspondió a 8.53 (0.74). Este grupo pertenece a instituciones de educación distrital –IED– de la localidad 19 Ciudad Bolívar (Bogotá, Colombia), y están adscritos al grado cuarto de básica primaria.

Por muestreo probabilístico simple con la fórmula de muestra para poblaciones finitas, se estimó tamaño del grupo, con un nivel de confianza de 95% y un margen de error del 5% (Mucha et al., 2021), considerando la población de los grados cuartos presentes en la IED en el año 2021, que tenía un total aproximado de 200 estudiantes. Complementariamente, el tamaño de la muestra respondió con el criterio de proporciones (Hair et al., 2014; Vargas y Mora 2017), pues se mantuvo por encima de las proporciones mínimas (5:1 y 10:1), ya que para cada uno de los tres factores le corresponden más de 10 casos, validando que el tamaño de la muestra es excelente para el análisis factorial.

Esta organización fue óptima para realizar las adecuaciones pertinentes, minimizar la probabilidad de sesgos y errores en la obtención de los datos y plantear preguntas más exactas correspondientes al objeto de estudio aquí tratado. Los criterios de inclusión al grupo de estudio fueron: 1. Contar con el consentimiento informado para la recopilación y el uso de datos; 2. Pertenecer a una IED y estar matriculado en grado 4° de primaria; y 3. No relacionar alguna discapacidad de carácter cognitivo, esto con el objeto de mantener similares atributos poblacionales en la aplicación de la prueba.

Método

1. Estructura de la prueba

ECOCIBO comprendió 30 preguntas enfocadas al tema de ecosistema, las cuales tomaron como referente contextual las características geográficas y medioambientales de la Localidad 19, el programa curricular oficial para la educación primaria, los criterios de evaluación y la estructura del Diseño Centrado en Evidencias propuestas por el Icfes (2016, 2018, 2019), para las pruebas de educación en Colombia (Figura 1).

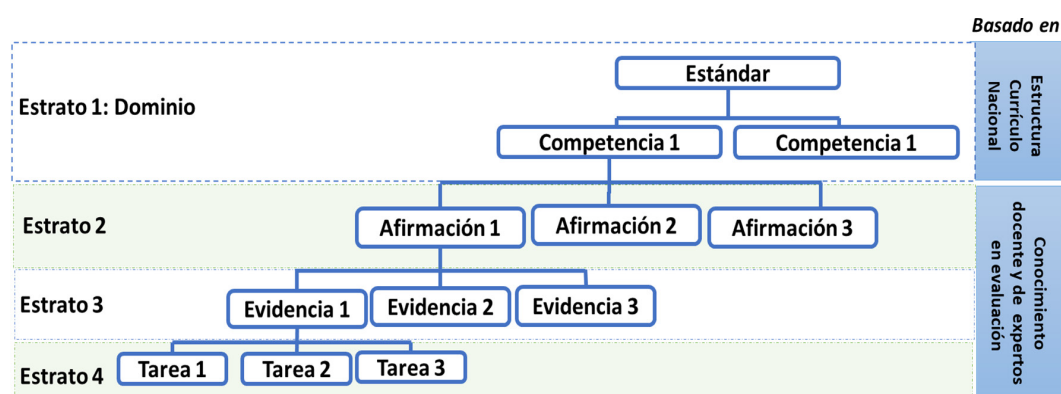


Figura 1. Estratos del Diseño Centrado en Evidencias. Tomado y adaptado del Icfes (2016, 2018, 2019).

Así considerando los siguientes estratos para la construcción de los reactivos o preguntas:

- *Estrato 1-dominio:* es el conjunto de conocimientos, habilidades y destrezas que orientan estructuras, procesos, sentidos significados y auscultan comprensiones

sobre el quehacer científico, los fenómenos y la cotidianidad. Sirven para la realización de acciones, productos y el actuar en contexto. De acuerdo con las políticas educativas colombianas, para ciencias, estos se engloban en los estándares y las competencias. ECOCIBO acoge al Estándar Básico de Competencia del MEN, (2004, p.134): “Identifico estructuras de los seres vivos que les permiten desarrollarse en un entorno y que puede utilizar como criterios de clasificación, y considera tres competencias específicas para enseñanza-aprendizaje de las CNEA, como: indagar, explicar y el uso comprensivo del científico (Tabla 1).

Estas competencias son medibles, altamente relevantes y complementarias a la capacidad para continuar aprendiendo a lo largo de la vida; pues se integran con las competencias genéricas (argumentar, interpretar y proponer), hilvanan los conceptos y conocimientos con los fenómenos, fomentan la actitud analítica, reconocen correlaciones, regularidades, patrones, y generan representaciones (Icfes, 2019).

- *Estrato 2 afirmaciones:* son las habilidades o conocimientos particulares evaluables que dan cuenta de las competencias sobre las cuales se harán las inferencias. Para ECOCIBO se retomaron algunas afirmaciones desagregadas para el componente Entorno Vivo y Ciencia, Tecnología y Sociedad CTS, propuestas por el Icfes (2016) y el MEN (2004) y corresponden a conclusiones observables y al nivel al que se puede llegar con la prueba (Tabla 2).
- *Estrato 3 evidencias:* proporcionan productos observables, relevantes y los argumentos sobre lo que sabe y sabe hacer el estudiante. Son la forma de soportar, constatar y cumplir las afirmaciones (Icfes, 2019). Para ECOCIBO, estas se construyeron considerando el Derecho Básico de Aprendizaje número 7, que comprende contenidos teóricos asociados a tipos, características y componentes de ecosistemas terrestres, acuáticos, factores bióticos y abióticos, características, relaciones y adaptaciones de los seres vivos (MEN, 2017). Considerando su necesidad de abordaje en educación primaria, porque son conceptos abstractos y complejos, que derivan dificultades asociadas a la comprensión de procesos, interacciones y cambios sincrónicos y diacrónicos en los ecosistemas (García, 2020).
- *Estrato 4 tarea:* son enunciados de preguntas problémicas que representan la evidencia de una actividad específica. Estas demandan una solución a través de una acción o producto observable que demuestren la habilidad y/o competencia a evaluar (Icfes 2016, 2019). Para ECOCIBO, las tareas fueron producción docente y de los expertos en evaluación y alineó su estructura de sus preguntas a los rangos de nivel de competencia; a través de dos procesos de categorización: el primero a partir de un análisis cualitativo de la intención de cada ítem, pues su construcción inicialmente se enfocó en responder a los niveles planteados por el Icfes (2007), pero adaptados para educación primaria (Figura 2).



Figura 2. Niveles de competencia en estudiantes de educación primaria. Adaptada de Icfes (2007)

Tabla 1. Caracterización de las competencias específicas de CNEA, para educación primaria. Adaptado del Icfes (2007, 2013, 2016).

Competencias específicas	Caracterización
Indagar	Capacidad para comprender que a través de la investigación se construyen explicaciones sobre el mundo natural; planteando preguntas, procedimientos adecuados para buscar, seleccionar, organizar e interpretar información y generar más preguntas o intentar dar respuestas a ellas.
Explicación de fenómenos	Capacidad de construir explicaciones, comprender argumentos y modelos que den razón de un fenómeno. Sirve para establecer la validez o coherencia de una afirmación o de un argumento relacionado con un fenómeno o problema científico.
Uso comprensivo del conocimiento científico	Capacidad de comprender y usar nociones, conceptos y teorías de las CNEA en la solución de problemas, establecer relaciones entre conceptos, conocimientos adquiridos y fenómenos que se observan con frecuencia.

Tabla 2. Afirmaciones por competencia específicas en CNEA para el ciclo 4° a 5° grados para ECO-CIBO. Adaptado del Icfes (2016).

Competencia	Componente	Afirmación: El estudiante...
1. Indagar	Entorno vivo	1.1. Comprende que a partir de la investigación científica se construyen explicaciones sobre el mundo natural. 1.2. Utiliza algunas habilidades de pensamiento y de procedimiento para evaluar predicciones. 1.3. Observa y relaciona patrones en los datos para evaluar las predicciones. 1.4. Elabora y propone explicaciones para algunos fenómenos de la naturaleza basadas en el conocimiento científico y de la evidencia de propia investigación y la de otros.
2. Explicación de fenómenos	Entorno vivo	2.1. Comprende que los seres vivos dependen del funcionamiento e interacción de sus partes. 2.2. Comprende que existen relaciones entre los seres vivos y el entorno, y que estos dependen de ellas.
	CTS	2.3. Comprende la importancia del desarrollo humano y su efecto sobre el entorno.
3. Uso comprensivo del conocimiento científico	Entorno vivo	3.1. Comprende que los seres vivos dependen del funcionamiento, interacción de sus partes. 3.2. Comprende que existen relaciones entre los seres vivos y el entorno que dependen de aquellas.
	CTS	3.3. Valora y comprende la necesidad de seguir hábitos para mantener la salud y el entorno.

El segundo momento de clasificación y depuración se dio a través del cálculo de la diferencia del puntaje mayor y el menor de los índices de dificultad de la prueba. Verificando que la distribución de las preguntas se concentrara en los valores de nivel intermedio e incluyendo reactivos con diferentes niveles de dificultad; esto para disponer de una escala bien graduada con ítems de diferente gama que evalúen los rendimientos desde diferentes espectros (Hurtado, 2018).

2. Análisis psicométrico

- *Validez de contenido y de constructo del instrumento*

La validación de contenido por jueces expertos se realizó a través de un panel formado con cinco investigadores cualificados con formación doctoral e idóneos con experiencia sobre las temáticas aquí tratadas. Esta valoración consideró una matriz que evaluó en el instrumento la congruencia con la categoría analizar, la redacción empleada en los ítems, la pertinencia, el lenguaje literal utilizado para la población sujeto y la claridad de los reactivos (Martínez y Juárez; 2019).

La validez de constructo y la calidad de ECOCIBO, siguió las recomendaciones de la Teoría Clásica de los Test (Muñiz et al., 2019, American Educational Research Association et al., 2018), considerando el análisis psicométrico entre los índices de discriminación (IDisc) y de dificultad (IDif).

Los resultados de ECOCIBO, consideran los postulados de clasificación esperada en los ítems propuestos por Backhoff, et al. (2000) para el IDisc y de Ortiz et al. (2015) para el IDif. El primero considera el poder de discriminación de los reactivos de excelente a pésimo, calculando el tamaño de las submuestras de alto rendimiento y el de bajo rendimiento sobre el 27% (Hurtado, 2018; Gómez et al., 2020). Para el IDif, el ítem se clasifica según su valor siguiendo una escala de 5 opciones que van de fácil a difícil; mientras mayor sea la proporción de estudiantes que responden correctamente menor es la dificultad y viceversa.

- *Confiabilidad del instrumento*

Para las pruebas tipo test como ECOCIBO, se analiza la confiabilidad de la consistencia interna utilizando el coeficiente Kuder Richardson (KR-20), siendo este un indicador propio para realizar esta medida en pruebas con reactivos dicotómicos de tipo acierto-error (American Educational Research Association et al., 2018).

Otro parámetro calculado fue el de correlación biserial pregunta-prueba (r_{bp}) por tanto, los reactivos con $r_{bp} < 0.20$ pueden contribuir a los criterios de análisis evaluados, mientras un criterio menor al señalado debe revisarse (Aiken, 2003). Para esta prueba se tuvo en cuenta tres tipos de consideraciones: la primera estimó los valores de cada pregunta con la puntuación total del instrumento; la segunda comparó los puntajes de cada pregunta con el total de su correspondiente competencia y la tercera calculó la correlación entre preguntas y las competencias específicas de CNEA.

3. Valoración de los estudiantes

Para considerar las percepciones de los estudiantes acerca de ECOCIBO, se aplicó un cuestionario de apreciación de cinco preguntas con escala Likert de cinco puntos, siendo 1 muy en desacuerdo y 5 muy de acuerdo (Tabla 3). El tratamiento estadístico de los datos emergentes tanto del análisis psicométrico y el cuestionario de apreciación se realizó a través del programa JASP.

Tabla 3. Cuestionario de apreciación de ECOCIBO. Elaboración propia

Marca con una x el número que corresponda mejor a tu opinión donde 1 es MUY EN DESACUERDO y 5 es MUY DE ACUERDO					
APRECIACIÓN	1	2	3	4	5
Comprendo las instrucciones para realizar la evaluación					
Comprendo las preguntas que me realizan en la evaluación					
Los gráficos y las imágenes son claras y de fácil lectura.					
Es interesante lo que trata la evaluación					
La evaluación fue agotadora					

Resultados y discusión

1. Estructura de la prueba

Partiendo de los estratos 1 y 2 descritos, ECOCIBO, continuó en la estructuración de los estratos 3 y 4 de la prueba, procediendo a construir las preguntas que recogen, adaptan, reconstruyen y construyen argumentos a partir de situaciones cotidianas y cercanas, que responden lógicamente a cada uno estratos (Tablas 2 y 4).

Suscitando su significancia en la formación de las CNEA, a través la identificación del propio territorio sus características medioambientales, la comprensión de las dinámicas e interacciones de los ecosistemas, el impacto de las actividades productivas y la crisis ambiental de las zonas barriales y la localidad.

Esto considerando que los resultados tanto de la prueba piloto como de múltiples investigaciones (Martínez y Juárez, 2019, García, 2020; Bustamante y López, 2022), denotan que los estudiantes presentan poco desarrolladas habilidades y actitudes críticas e investigativas asociadas a la ecología, la conservación y valoración de los seres vivos y el desarrollo sostenible.

Tabla 4. Evidencias y tareas orientadoras para la construcción de ítems de ECOCIBO. Elaboración propia.

COMPETENCIA INDAGAR				
Afir	Evidencias	Tarea	NP	NC
1.1.	1.1.1. Reconoce situaciones problemáticas en su contexto barrial y de la localidad.	1.1.1.1. Realiza el análisis de una situación problema a través de las preguntas qué, quiénes, cómo y por qué.	25	B
	1.1.2. Distingue situaciones geográficas y medioambientales de los ecosistemas de Ciudad Bolívar, que pueden resolverse a través de investigación científica.	1.1.2.1. Estima y clasifica diferente información asociada a las dinámicas geográficas y medioambientales de los ecosistemas.	28	I
	1.1.3. Explica algunos elementos que configuran los ecosistemas de Ciudad Bolívar.	1.1.3.1. Identifica los componentes que caracterizan los ecosistemas: factor biótico-abiótico	20	I
1.2.	1.2.1. Predice y/o propone hipótesis en correlación a las dinámicas de los ecosistemas Ciudad Bolívar y su entorno próximo.	1.2.1.1. Plantea las posibles respuestas sobre situaciones problema asociadas a los ecosistemas barriales y de la localidad.	7	A
			21	B
	1.2.2. Emplea información para evaluar predicciones y/o hipótesis asociadas a las dinámicas de los ecosistemas de Ciudad Bolívar	1.2.2.1. Confronta los hechos que suceden en contextos determinados para consolidar las predicciones y/o hipótesis asociadas a situaciones problema de su contexto barrial y de la localidad.	6 16	I B
1.3.	1.3.1. Interpreta información acerca de las características geográficas y dinámicas medioambientales de los ecosistemas de Ciudad Bolívar.	1.3.1.1. Analiza datos representados en texto, gráficas, dibujos, diagramas o tablas acerca de las características geográficas y dinámicas medioambientales de los ecosistemas.	9	A

Tabla 4. Evidencias y tareas orientadoras para la construcción de ítems de ECOCIBO. Elaboración propia. Continuación.

Afir	Evidencias	Tarea	NP	NC
	1.3.2. Registra y/o clasifica información para el análisis de las situaciones problemáticas asociadas a los ecosistemas de Ciudad Bolívar.	1.3.2.1. Elige y analiza información adecuada para dar cuenta de una variable o pregunta.	22	B
	1.3.3. Identifica patrones y regularidades en los datos presentados en las situaciones problemáticas asociadas a los ecosistemas de Ciudad Bolívar.	1.3.3.1. Lee y representa datos en gráficas y tablas.	18	B
1.4.	1.4.1. Realiza actividades prácticas para dar respuesta a sus preguntas.	1.4.1.1. Sigue instrucciones, realiza observaciones rigurosas y sistemáticas, genera hipótesis y las relaciona con patrones y conceptos disciplinares.	5	A
	1.4.2. Formula conclusiones a partir de información o evidencias obtenidas en las actividades prácticas o de otras fuentes.	1.4.2.1. Propone respuestas a preguntas planteadas durante una experiencia o situación.	15	B
	1.4.3. Establece relaciones entre resultados y conclusiones haciendo uso de conceptos propios del tema de ecosistemas.	1.4.3.1. Objeta o aprueba las hipótesis en correlación a la información y las actividades prácticas asociadas a la interacción entre factores abióticos y bióticos.	23	I
COMPETENCIA EXPLICACIÓN DE FENÓMENOS				
2.1.	2.1.1. Elabora explicaciones a comunidades ecológicas procesos de flujo de energía	2.1.1.1. Elabora explicaciones sobre los tipos de adaptaciones de los seres vivos en función de su interrelación, de acuerdo con las observaciones, patrones y conceptos propios del conocimiento científico.	12	B
		2.1.1.2. Explica las relaciones entre las partes que comprenden los niveles de organización de los ecosistemas.	14	I
			24	A
2.2.	2.2.1. Explica las interacciones de los ecosistemas de Ciudad Bolívar, a través de relacionar las variables asociadas a los factores bióticos y abióticos.	2.2.1.1. Elabora explicaciones sobre las relaciones inter e intraespecíficas de los ecosistemas terrestres y acuáticos.	26	B
		2.2.1.2. Elabora explicaciones acerca de la interdependencia de las condiciones del ambiente con los hábitos, comportamientos y características de los seres vivos de los ecosistemas.	10 17	I B
2.3.	2.3.1. Comprende que el humano con sus acciones transforma los ecosistemas de Ciudad Bolívar.	2.3.1.1. Reconoce las razones por las cuales el humano genera su incidencia positiva, negativa y amenazas sobre los ecosistemas.	4 11	I I

Tabla 4. Evidencias y tareas orientadoras para la construcción de ítems de ECOCIBO. Elaboración propia. Continuación.

Afir	Evidencias	Tarea	NP	NC
COMPETENCIA USO COMPRENSIVO DEL CONOCIMIENTO				
3.1.	3.1.1. Reconoce y distingue los componentes de los ecosistemas de Ciudad Bolívar.	3.1.1.1. Diferencia factores bióticos y abióticos en los ecosistemas de la localidad.	8	B
	3.1.2. Explica diferencias entre los ecosistemas terrestres y acuáticos de Ciudad Bolívar de acuerdo con la relación entre los factores bióticos y abióticos	3.1.2.1. Identifica las características principales de los ecosistemas terrestres y acuáticos de la localidad con base en nociones o categorías científicas y conceptos propios.	13	B
3.2.	3.2.1. Asocia y compara cómo repercuten características físicas de los ecosistemas de Ciudad Bolívar en las dinámicas de los seres vivos	3.2.1.1. Establece las relaciones entre los componentes de los ecosistemas terrestres y acuáticos de acuerdo con sus distintas ubicaciones geográficas en la localidad.	3 19	I B
		3.3.1. Comprende la incidencia del hombre en los ecosistemas terrestres y acuáticos de Ciudad Bolívar	3.3.1.1. Reconoce los efectos que se generan al modificarse o alterar algún factor que componen los ecosistemas terrestres y acuáticos de la localidad	1 2 27 29

Afir= Afirmación NC= Nivel de competencia NP=Número de pregunta A=alto, I=intermedio, B=Básico.

Por otro lado, ECOCIBO dio cuenta en su estructuración de una distribución porcentual equilibrada entre las preguntas por competencias específicas en CNEA y su nivel de complejidad básico, intermedio y alto (Tabla 5), pues respondió en proporción al conjunto de afirmaciones y evidencias planteadas por competencia, posibilitando hacer un seguimiento sistemático de los resultados.

Tabla 5. Clasificación de preguntas de ECOCIBO, por competencia y nivel. Elaboración propia.

Competencia	Preguntas nivel alto	Total	Preguntas nivel intermedio	Total	Preguntas nivel básico	Total	Total por competencia	Distribución porcentual obtenida
Indagar	7-5-9	3	6-16-20-23-28	5	15-18-21-22-25	5	13	43,3
Explicación de Fenómenos	30-24	2	4-10-11-14	4	12-17-26	3	9	30
Uso comprensivo del conocimiento	1-29	2	2-3-27	3	8-13-19	3	8	26,6
Total		7		12		11	30	100%

Así también, el diseño de los reactivos demanda del estudiante habilidades para interpretar, argumentar y proponer (competencias genéricas), desde el comprender, usar nociones, explicar e interactuar con fenómenos de la naturaleza y el funcionamiento del mundo (competencias específicas de CNEA) (Icfes, 2019); a través de su aproximación progresiva al conocimiento y su acercamiento a explicaciones científicas desde el análisis, la discusión y la reflexión (Hester et al., 2021).

ECOCIBO, desde este margen, se posiciona como adecuado, de confianza y pertinente al contribuir en la generación de argumentos evidenciales que sustentan, clarifican y validan las inferencias, conocimientos, habilidades y destrezas en CNEA de primaria (Icfes, 2018; Martínez, 2017); aportando una perspectiva de beneficios y desafíos, pues al explicitar el pensamiento se deben promover de manera crítica, interacciones formativas que reconstruyan conocimientos de manera colectiva.

2. Análisis psicométrico

- *Validez de contenido y de constructo del instrumento*

La validez de contenido a través de la valoración expertos establece que ECOCIBO es favorable, pues coinciden que su batería de ítems es válida, responde a su objetivo de construcción, es relevante y coherente teóricamente; favoreciendo consolidar comprensivamente las competencias específicas en CNEA para primaria y las formas como el estudiante construye el concepto de ecosistema en esta etapa de vida.

En cuanto a la validez de constructo, los IDisc basados en grupos extremos (Tabla 6), de las 30 preguntas 29 se encontraron en un rango de calidad excelente con 13 reactivos y con bueno 16; oscilando en una puntuación que va dentro del rango [0.30 – 1] cumpliendo con los criterios de Backhoff et al. (2000). Por tanto, se considera satisfactorio ECOCIBO, pues los reactivos posibilitan al evaluador discriminar de forma adecuada entre los puntajes, es coherente con las demás preguntas, ayuda a comprender el nivel de dominio del grupo, diferencia, distingue y distancia a los sujetos con puntajes mayores vs menores (Hurtado, 2018).

Tabla 6 . Calidad de los ítems de ECOCIBO, según el índice de discriminación- *IDisc*. Elaboración propia.

Calidad del ítem recomendado	IDisc (Backhoff et al., 2000)	Ítems ECOCIBO
Excelente	1- 0.3,9	13
Bueno	0.30 - 0.39	16
Regular	0.20 - 0.29	0
Pobre	0.00 - 0.20	1 (pregunta 30)
Pésimo	< -0.01	0
Total de preguntas		30

En la tabla 7 se describen los estadígrafos del IDif, denotando que los 30 puntos de la prueba corresponden a la distribución porcentual esperada. Se observa que hay un mayor porcentaje en la distribución de los ítems de dificultad adecuada con 73% y relativamente difícil con el 20%. Mostrando que la capacidad de respuesta de los estudiantes en esta prueba demanda por su complejidad el explorar, analizar, inferir, evaluar, aplicar y razonar sobre los procesos tangibles y abstractos para resolver situaciones. Así también, se evalúan preguntas con índices relativamente fáciles (6.7%), permitiendo que se realicen interpretaciones con información explícita, ordenada y con lenguaje sencillo.

Así ECOCIBO, pone a disposición una escala bien graduada pues considera las medidas de grado de facilidad y la dificultad en sus preguntas que, si bien son excluyentes y polares por su naturaleza, se complementan y construyen en una unidad que incluye diferentes niveles de habilidad de cada competencia (Casado et al., 2021; Hurtado, 2018). Con sus resultados permite al evaluador utilizar ECOCIBO, para tomar decisiones e implementar acciones que promuevan el aprendizaje, pues brinda la posibilidad del análisis de solidez

de los conocimientos, reconoce las dificultades de aprendizaje, evalúa desempeños y atiende las ideas del alumnado (Bizarro et al., 2019).

Tabla 7. Clasificación de los ítems de ECOCIBO, de acuerdo con el valor de índice de dificultad del ítem -IDif. Elaboración propia.

Clasificación del ítem	Valor del IDif (Ortiz et al., 2015)	Ítems en el rango	Distribución porcentual esperado	Distribución porcentual obtenida
Fácil	0.91-1	0	5%	0%
Relativamente fácil	0.81-0,90	2	20%	6,7%
Dificultad adecuada (media)	0.51-0,80	22	50%	73,3%
Relativamente difícil	0.40-0,50	6	20%	20%
Difícil	0-0.39	0	5%	0%

Además, ECOCIBO da cuenta de la interrelación estadística entre IDif y IDisc, que generó una zona de valores admisibles, como se observa en la Figura 3, en donde el IDif tiene una distribución promedio entre 0.4 a 0.8, mientras que IDisc es positivo entre 0 a 1. Cumpliendo así con la condición deseable de que preguntas se encuentren un entorno cercano a la dificultad media, pues “cuántos más puntos se ubiquen en dicha región, mayor número de preguntas tendrán un comportamiento deseable en la prueba y por tanto mayor calidad de esta” (Hurtado, 2018, p. 300).

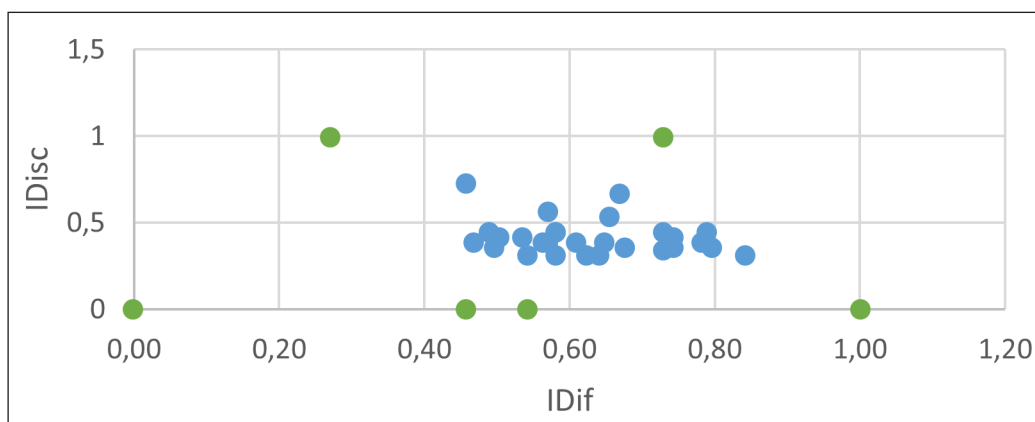


Figura 3. Región de valores admisibles de ECOCIBO. *Elaboración propia*

ECOCIBO así aportando, en su feedback, insumos para crear itinerarios de aprendizaje que respondan al progreso de los estudiantes, pues a través de la exploración de los aciertos-fallos y de la valoración de los niveles de dificultad de las competencias, pues se puede: detectar individualmente sus necesidades, fomentar la autorregulación al aprendizaje, modular y complejizar las actividades, motivar, cambiar los ritmos, comparar los progresos propios y tomar conciencia de las prácticas (Bizarro et al., 2019).

Teniendo en cuenta que el proceso de enseñanza aprendizaje de las CNEA desde la evaluación formativa sistemática y permanente, favorece, la diversidad de oportunidades para revelar las conexiones entre los conceptos, el pensamiento de los estudiantes y los objetivos de aprendizaje, además de la corregulación entre las estrategias y la visibilización de los entornos de aprendizaje (Hester et al., 2021).

- *Confiabilidad del instrumento*

Los resultados (Tabla 8) para la primera biserie fue la estimación al grupo de preguntas de cada competencia vs puntaje total por competencia, la segunda fue la correlación entre el reactivo vs criterio y la tercera correspondió a la correlación entre preguntas de cada de las competencias. Para la primera, el coeficiente r_{bp} , indica que cada pregunta cuenta con una correlación positiva, lo que significa que tendieron hacia al acierto y presupone un mayor dominio de los estudiantes sobre el tema tratado, por sus respuestas. Para la segunda, su valor elevado (pues supera un coeficiente mayor a 0.20) es indicador de la precisión del reactivo como predictor del criterio (Aiken, 2003). Por último, para la tercera biserie, dilucida (por su cálculo con tendencia negativa), que cada ítem por sí mismo representa una contribución independiente de la calificación total y más bien responden a su categoría a evaluar correspondiente.

Tabla 8. Coeficiente de correlación biserial pregunta-prueba r_{bp} de ECOCIBO hallado para tres criterios. Elaboración propia.

Biserie	Competencia	Coeficiente r_{bp} ECOCIBO (media)	Valor recomendado
1. Grupo preguntas de cada competencia vs puntaje total competencia	Indagar	0.40	≤0.20
	Explicación de Fenómenos	0.42 (Sin la pregunta 30) / 0.40 (con la pregunta 30)	
	Uso comprensivo del conocimiento	0.47	
2. Cada pregunta vs puntaje total prueba	Todas	0.35	
3. Entre preguntas de diferentes competencias	Todas	-0.16	

Por otro lado, los resultados obtenidos del KR-20 para ECOCIBO, emite un buen nivel de consistencia (0.74). Este dato es concordante y en línea con estudios previos sobre validación de pruebas escritas relacionadas al desarrollo de competencias en educación primaria, como lo son el de Mateos (2021) y Namay et al. (2022). Cabe denotar que son escasas las publicaciones enfocadas al diseño y validación de pruebas objetivas para la enseñanza-aprendizaje de CNEA y se minimiza el número en cuanto a las evaluaciones dirigidas para niños, aun siendo esta población de alta prioridad en la adquisición de competencias básicas en la fase primaria, pues son fundantes para sus siguientes etapas académicas.

Por último, estimando el ítem número 30 de la prueba, luego de revisarse y analizarse por recomendación, se descartó, pues su *IDisc* correspondía a 0.17, su *IDif* clasificó como relativamente fácil y presentó un índice de correlación biserial de 0.19, mostrando una calidad pobre. En razón a que los resultados emitidos a esta pregunta tendieron una correlación cercana a 0 entre las puntuaciones de la prueba, pues un alto porcentaje de estudiantes la respondieron acertadamente; lo que demostró que las preguntas demasiado difíciles o fáciles, como fue en este caso, limitan la discriminación y provoca una distribución con asimetría negativa (Hurtado, 2018).

3. Valoración de los estudiantes

ECOCIBO, tiene una buena percepción por parte de los estudiantes (Figura 4), en donde para las preguntas 1, 2, 3 y 4 tuvo una puntuación media superior a 4, representando que el mayor porcentaje de los estudiantes comprenden y les parece interesante la prueba. La evaluación es familiar a la población, pues las preguntas reflejan su entorno próximo

a través de la interacción de lo disciplinar con lo cotidiano; adicional y la presentación de temas sensibles a los problemas socioculturales ambientales con que los estudiantes se encuentran relacionados. Además, se observa que el coeficiente de variación de cada una de las preguntas es menor al 30%, lo que indica que los datos son homogéneos, correspondiendo a que la media de estas es representativa.

Por otra parte, la pregunta 5, mostró un dato interesante ya que en promedio casi la mitad de la población (media 2.80) percibió la evaluación como agotadora, transformándose en un indicativo para regular los tiempos de dedicación a la prueba, pues esta se desarrolló en una sesión de dos horas. Sugiriendo así, aplicarse en dos momentos para promover un mayor tiempo de concentración de los estudiantes.

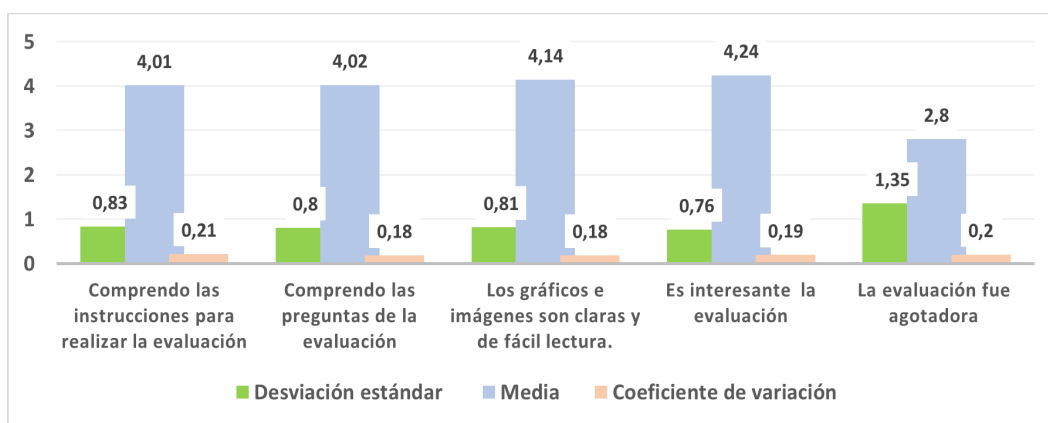


Figura 4. Apreciación de estudiantes de ECOCIBO. Elaboración propia

Conclusiones

Ante la necesidad de considerar la formación científica desde la comprensión de la vida cotidiana, ECOCIBO, adoptó la perspectiva de ciencia como práctica social, pues exploró el entorno específico, a través de saberes conceptuales y habilidades científicas. Además, hilvanó los contenidos actitudinales dentro de los componentes cognitivo, afectivo y de acción; en el marco del contexto socioambiental y el papel que desempeña la ciencia y la tecnología en la sociedad (Parga y Piñeros, 2018).

El análisis psicométrico de ECOCIBO, dio cuenta que es una herramienta válida con una alta confiabilidad, que compila, reorganiza la información y se adapta a los criterios de construcción del Diseño Centrado en Evidencias y elementos propios usados en las pruebas Saber, relacionados por el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación–ICFES. Proporcionando un insumo para la evaluación rigurosa de las competencias generales y específicas en CNEA, los procesos de construcción de conocimientos relacionados a ecosistemas en educación primaria y sirviendo como recurso para orientar el diseño y validación de estrategias pedagógicas y didácticas aterrizadas a las necesidades de los individuos y sus entornos.

Así también, esta herramienta tiene el potencial de revelar con sus resultados la comprensión, el desempeño y autopercepción que se tiene de las competencias. Igualmente, contribuye a la investigación de la enseñanza aprendizaje de CNEA de educación primaria y a la construcción de pruebas objetivas, pues aporta una batería de evidencias y tareas claras para construir instrumentos, estrategias didácticas o programas de intervención que atiendan la resolución de problemas, el estudio de las problemáticas ambientales y el papel de las actividades humanas en los ecosistemas.

Además, hay que considerar que la formación en ciencias debe acompañarse de una evaluación formativa, cíclica (diagnóstico-seguimiento) y permanente que considere el dominio y las relaciones entre los diferentes conceptos y las formas del quehacer científico. También, enfocar sus resultados en gestar habilidades para aplicarlos a diferentes contextos y brindar elementos para formar ciudadanos para la vida en sociedad (Jaén et al., 2018; Icfes, 2019).

Sirviendo esta prueba objetiva, como herramienta evaluativa que estima este fin, pues analiza distintos niveles de dificultad que pueden contribuir a atender la diversidad del alumnado, pues su andamiaje puede adaptarse para diseñar pruebas graduadas y estrategias alternativas que consideren diferentes habilidades y contenidos; pues su fin no es clasificatorio, sino formativo.

Referencias bibliográficas

- Aiken, L. (2003). *Tests psicológicos y evaluación*. Undécima Edición Pearson Educación. México
- American Educational Research Association., American Psychological Association. y National Council on Measurement in Education. (2018). *Estándares para pruebas educativas y psicológicas* (M. Lieve, Trans.). American Educational Research Association. Original work published 2014.
- Backhoff, E., Larrazolo, N. y Rosas, M. (2000). Nivel de dificultad y poder de discriminación del Examen de Habilidades y Conocimientos Básicos (EXHCOBA). *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 2(1). Recuperado de: <http://redie.ens.uabc.mx/vol2no1/contenido-backhoff.html>
- Bizarro, W., Sucari, W. y Quispe-Coaquira, A. (2019). Evaluación formativa en el marco del enfoque por competencias. *Revista Innova Educación*, 1(3), 374-390. DOI: <https://doi.org/10.35622/j.rie.2019.03.r001>
- Bugallo-Rodríguez, A., Martínez-Losada, M. y Val-Rey, C. (2018). Una primera aproximación al modelo de un ecosistema en Educación Primaria. En A. Peixoto, J. Oliveira, J. Gonçalves, L. Neves, R. Cruz (Eds.), *Educação em Ciências em múltiplos contextos - Atas do XVII Encontro Nacional de Educação em Ciências, XVII ENEC, I Seminário Internacional de Educação em Ciências (SIEC)* (pp. 14-22). Escola Superior de Educação.
- Bustamante-Toro, C. y López-Castaño, C. (2022). Educación ambiental mediada desde las ecologías socioculturales para el abordaje del territorio en contextos escolares. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 25(1), 1-2. DOI: <https://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2135>
- Cadavid-Velásquez, E., Pérez-Vásquez, N. y Flórez-Nisperuza, E. (2021). El valor del cuidado del ambiente potenciado desde el vínculo didáctico madre-Tierra en estudiantes de la educación media colombiana. *Entramado*, 17(2), 196-206. DOI: <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.2.6093>
- Casado-Robles, C., Viciano, J., Guijarro-Romero, S. y Mayorga-Vega, D. (2021). Conocimiento del entorno para la práctica de actividad física en escolares (CEPAF): Desarrollo y validación de una prueba escrita objetiva de elección múltiple. *Journal of Sport and Health Research*, 13(2), 223-244.
- Domènech-Casal, J. (2020). Diseñando un simulador de ecosistemas. Una experiencia STEM de enseñanza de dinámica de los ecosistemas, funciones matemáticas y

- programación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3). DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i3.3202
- García-Gómez, I. y Moreno-Fernández, O. (2015). El alumnado de primaria participante en el programa educativo Ecoescuelas ante las problemáticas socioambientales. De la perspectiva local a la glocal. *Investigación en La Escuela*, (87), 91–104. DOI: <https://doi.org/10.12795/IE.2015.i87.07>
- García, M. (2020). *Concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje del tópico de los ecosistemas y el uso del aprendizaje basado en proyectos en educación primaria*. [Tesis maestría, Universidad Internacional de Andalucía-Universidad de Huelva]. Recuperado de: <https://dspace.unia.es/handle/10334/5829>
- García-Ulloa, A. y Bugallo-Rodríguez, Á. (2021). Preconcepciones sobre la biodiversidad y los componentes de un ecosistema de ría del alumnado de 1º de ESO. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 5(2), 17-32. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2021.5.2.7409>
- Gómez-López, V., Rosales-Gracia, S., García-Galaviz, J., Berrones-Sánchez, K. y Berrones-Sánchez, C. (2020). Índice de dificultad y discriminación de ítems para la evaluación en asignaturas básicas de medicina. *Educación Médica Superior*, 34(1), 1727. Recuperado de: <https://ems.sld.cu/index.php/ems/article/view/1727/1015>
- Hair, J., Black, W., Babin, B. y Anderson, R. (2014). *Multivariate data analysis (7th ed.)*. Pearson Prentice Hall.
- Hester, S., Southard, K., Young, Ae K., Cox, J., Elfring, L., Blowers, P. y Talanquer, V. (2021) *Benefits and Challenges in the Implementation of an Instructional-Teams Model for Supporting Evidence-Based Instructional Practices in Large-Enrollment STEM Courses*. College Teaching. DOI: <https://doi.org/10.1080/87567555.2021.1996323>
- Hurtado-Mondoñedo, L. (2018). Relación entre los índices de dificultad y discriminación. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 12(1), 273-300. DOI: <https://dx.doi.org/10.19083/ridu.12.614>
- Instituto colombiano para el fomento de la Educación Superior (2007). *Fundamentación conceptual del área de ciencias naturales*. Recuperado de: https://paidagogos.co/pdf/fundamentacion_ciencias.pdf
- Instituto colombiano para el fomento de la Educación Superior (2013). *Sistema Nacional de evaluación Estandarizada de la Educación: Alineación del examen Saber 11º*. Recuperado de: <https://www2.icfes.gov.co/documents/39286/1645749/Alineacion+examen+Saber+11.pdf/b52a7760-0133-5e17-c0b3-de49876db0c6?version=1.0&t=1647378636616>
- Instituto colombiano para el fomento de la Educación Superior (2016). *Pruebas saber 5º: Lineamientos para las aplicaciones muestral y censal*. Recuperado de: <https://www.icfes.gov.co/documents/39286/16869753/Gu%C3%ADa+de+orientaci%C3%B3n+Saber+5.%C2%B0+2017.pdf/be011c44-c899-ff54-bc9a-6c3fd5226aee?version=1.0&t=1663175534985>
- Instituto colombiano para el fomento de la Educación Superior (2018). *Guía introductoria al diseño centrado en evidencias. Cartilla*. Recuperado de: <https://www.icfes.gov.co/documents/39286/14030789/1.+Guia+introdutoria+al+Dise%C3%B1o+Centrado+en+Evidencias.pdf>

- Instituto colombiano para el fomento de la Educación Superior (2019). *Prueba de ciencias naturales Saber 11 º: marco de referencia para la evaluación*. Recuperado de: https://okonvirtual.com/ICFES/CAJA_HERRAMIENTAS_SABER11/assets/pdf/01_aprendizajes/MR_Ciencias_Naturales_Saber_11.pdf
- Jaén M., Esteve P. y Baños I. (2018). Problemáticas ambientales en las que confluyen ciclos biogeoquímicos. Propuesta para la educación secundaria. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 2(1), 30-39. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.1.3162>
- Martínez-Pérez, L. (2017). Construcción de conocimiento escolar en ciencias naturales a partir de preguntas: una experiencia en contexto rural. Autor: Diana Fabiola Moreno Sierra. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 12(2), 204–207. DOI: <https://doi.org/10.14483/23464712.12280>
- Martínez. M. y Juárez, L. (2019). Diseño y validación de un instrumento para evaluar la formación en sostenibilidad en estudiantes de educación superior. *IE Revista de Investigación Educativa de la REDIECH*, 10(19), 37-54. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8103254>
- Mateos, I. (2021). *Diseño y validación de metodologías didácticas aplicadas en el aula de Educación Primaria para mejorar el dominio cognitivo y emocional en la enseñanza/aprendizaje de competencias STEM* [Tesis doctoral]. Universidad de Extremadura. España.
- Ministerio de Educación Nacional (1998). *Serie lineamientos curriculares Ciencias Naturales y Educación Ambiental*. Ministerio de Educación Nacional .
- Ministerio de Educación Nacional (2004). *Estándares básicos de competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Formar en ciencias: el desafío. Lo que necesitamos saber y saber hacer*. Cargraphics, S. A.
- Ministerio de Educación Nacional (2017). *Mallas de aprendizaje ciencias naturales y educación ambiental 4º: Documento para la implementación de los Derechos Básicos de Aprendizaje-DBA*. Bogotá, D.C. Ministerio de Educación Nacional .
- Mucha-Hospinal, L., Chamorro, R., Oseda, M. y Alania, R. (2021). Evaluación de procedimientos para determinar la población y muestra: según tipos de investigación. *Desafíos*, 12(1). DOI: <https://doi.org/10.37711/desafios.2021.12.1.253>
- Muñiz-Fernández, J. y Fonseca-Pedrero, E. (2019). Diez pasos para la construcción de un test. *Psicothema*. 31, (1), 7-16. Recuperado de: <https://www.psicothema.com/pdf/4508.pdf>
- Namay-Espinoza, M. y Celis-Cueva, M. (2022). La laptop XO como recurso didáctico para el desarrollo de las competencias matemáticas: caso estudiantes del cuarto grado A y B de educación primaria de la institución educativa Manuel Hidalgo Carnero - Castilla, 2019. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(2), 2568-2584. DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i2.2041
- Ortiz- Romero, G., Díaz- Rojas, P., Llanos-Domínguez, O. y Pérez-Pérez, S. y González-Sapsin, K. (2015). Dificultad y discriminación de los ítems del examen de Metodología de la Investigación y Estadística. *Edumecentro*, 7(2), 19-35. Recuperado de: <https://revedumecentro.sld.cu/index.php/edumc/article/view/474>
- Parga-Lozano, D. y Piñeros-Carranza, G. (2018). Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados. *Educación química*, 29(1), 55-64. DOI: <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63683>

- Toro-Julio, L., Espitia-Martínez, E., Tapasco-Alzate, O. y Toro, B. (2021). Atributos afectivos y cognitivos hacia la fauna silvestre y su relación con factores sociodemográficos en población rural. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 24(2) DOI: <https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n2.2021.1840>
- Vargas, T. y Mora, R. (2017). Tamaño de la muestra en modelos de ecuaciones estructurales con constructos latentes: Un método práctico. *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación"*, 17(1). Recuperado de: <https://doi.org/10.15517/AIE.V17I1.27294>

