

## Consideraciones para la medición de las progresiones de aprendizaje en donde el aprendizaje objetivo se representa como un ciclo

### Considerations for Measuring Learning Progressions where Target Learning is Represented as a Cycle

Mark Wilson

Universidad de California, Berkeley, EE.UU.

#### Resumen

En este artículo se exploran algunas de las complejidades conceptuales que guardan relación con el desarrollo de una progresión de aprendizaje en donde su objetivo final se representa como un ciclo. A modo de introducción a esta revisión conceptual y teórica, primero se describen algunos de los conceptos que subyacen al trabajo del Centro BEAR en pos de desarrollar progresiones de aprendizaje. Al centro de todos estos desarrollos está el mapa del constructo, el pilar principal del sistema de evaluación BEAR (SEB). Después de presentar el concepto de una progresión de aprendizaje, se resumen los elementos del SEB, al tiempo que se recalca la función central del mapa del constructo. Luego, se describen diferentes maneras de interpretar la relación entre la idea de un mapa de constructo y la idea de una progresión basada en ciclos. Asimismo, a lo largo del artículo se discuten algunas fortalezas y debilidades de estos conceptos, con un enfoque en los temas relacionados con la educación y la medición. Finalmente, se concluye con algunas reflexiones generales.

**Palabras clave:** medición, evaluación, progresiones de aprendizaje, estructura de evaluación

---

#### Correspondencia a:

Mark Wilson  
University of California, Berkeley, USA  
Graduate School of Education, University of California, Berkeley  
Berkeley, CA 94720, USA  
Correo electrónico: markw@berkeley.edu

Este artículo es una extensión y una adaptación del artículo original "La medición de las progresiones: estructuras de evaluación que subyacen a una progresión de aprendizaje", publicado en *Journal of Research in Science Teaching*, Edición especial: Progresiones de aprendizaje, 46(6), 716-730, agosto 2009.

---

© 2014 PEL, <http://www.pensamientoeducativo.org> - <http://www.pel.cl>

ISSN: 0719-0409      DDI: 203.262, Santiago, Chile  
doi:10.7764/PEL.51.1.2014.24

---

## Abstract

---

This paper explores some of the conceptual complexities associated with developing a learning progression where its final object is represented as a cycle. By way of introduction to this conceptual and theoretical review, the paper first describes some of the conceptualizations underlying the work of the BEAR Center in developing learning progressions. The core of all of these developments is the construct map, the first building block of the BEAR Assessment System (BAS). After introducing the concept of a learning progression, this paper summarizes the elements of the BAS, emphasizing the central role of the construct map. This paper then describes a series of several different ways to interpret the relationship between the idea of a construct map and the idea of a cycle-based progression. Along the way, the paper discusses some strengths and limitations of these conceptualizations, focusing on issues related to both education and measurement. The paper concludes with some general reflections.

**Keywords:** measurement, assessment, learning progressions, assessment structure

La idea de una progresión de aprendizaje todavía es un tema de debate (Alonzo & Gotwals, 2012). No obstante, es en realidad solo el capítulo más reciente en la evolución de una larga tradición respecto de cómo los estudiantes se desarrollan de manera consistente en diferentes áreas. Esto se remonta por lo menos al trabajo de Piaget (Piaget, 1950, 1971), pero también ha influenciado mucho el trabajo de Wright (ej. Wright & Masters, 1981; Wright & Stone, 1979), y también se ha utilizado como una base conceptual de los exámenes TIMSS, PISA y PIRLS. Sin embargo, para que esta idea sea exitosa, será necesario crear evaluaciones que puedan medir el crecimiento de una persona respecto a una progresión de aprendizaje. En este artículo, una revisión conceptual y teórica, se aborda uno de los desafíos más importantes que las progresiones de aprendizaje imponen a las prácticas de mediciones: cómo medir una progresión en donde el aprendizaje objetivo se representa como un *ciclo*. Existen muchos ejemplos de ciclos que se encuentran presentes en los entornos educativos: algunos se enfocan en el conocimiento de los ciclos que ocurren en la naturaleza, como el ciclo del carbón, mientras otros son ciclos de actividades en donde los estudiantes participan a medida que aprenden una destreza o técnica; en este artículo nos enfocamos en el segundo tipo de ciclo. El sistema de evaluación BEAR (SEB) es un ejemplo de uno de estos ciclos, el que se describe en detalle en una de las secciones que siguen. Por ahora, basta con decir que es un ciclo de actividades que una persona realiza para crear una medición (como una prueba o una escala de aptitudes), y consta de cuatro partes secuenciales en donde cada una es necesaria para que el esfuerzo sea exitoso. Por supuesto, al realizar este ciclo de actividades, está implícito que el encargado de la medición que se encuentra creando el instrumento también debe entender el concepto del ciclo en sí mismo, como también su aplicación en las circunstancias particulares de ese instrumento. Al concluir la cuarta parte de esta secuencia se vuelve a la primera, lo que permite que el ciclo se repita una y otra vez, quizás varias veces en un mismo esfuerzo de desarrollo.

Se debe dejar claro desde un principio que el concepto de un ciclo no se traduce fácilmente en las convenciones psicométricas más estándares, como la teoría clásica de los tests (pruebas) o la teoría de respuesta al ítem. En la situación estándar, que es la base de ambos enfoques, se da por sentado que el constructo tras la medición es una estructura unidimensional, y en el área de los logros o aprendizaje, se suele suponer que crece en una dirección en particular. Un ciclo no sigue tal estructura, más bien se puede considerar como la antítesis de tal enfoque. En este artículo se discute cómo el enfoque tradicional utilizado en la modelación de las respuestas a los ítems o preguntas se puede adaptar al aspecto multidimensional de un ciclo, y luego, cómo ese enfoque multidimensional puede modificarse para incorporar un ciclo.

En el resto de este artículo se presenta el concepto de una progresión de aprendizaje, y luego se describe cómo el Sistema de Evaluación BEAR (SEB) (Wilson, 2005; Wilson & Sloane, 2000) podría considerarse como apropiado para una progresión de aprendizaje unidimensional sencilla, como también su expansión hacia un perfil multidimensional (Adams, Wilson, & Wang, 1997). En la siguiente parte del artículo, se describe cómo el enfoque BEAR puede extenderse para que incorpore las estructuras más complejas que probablemente estarán presentes en las progresiones de aprendizaje cíclicas. Se concluye con una discusión breve de las ideas que se presentan aquí, lo que incluye próximos pasos y una exploración de las complejidades que pueden surgir.

En este artículo, se entenderá por *estructura de evaluación* para la progresión del aprendizaje la manera en que el enfoque de medición respalda la progresión de aprendizaje. Si bien hay otros enfoques de medición que uno podría adoptar además del SEB, los detalles específicos de estos otros enfoques se encuentran más allá de los objetivos de este artículo, por lo que el foco se centrará solo en el uso de SEB.

### Progresiones de aprendizaje

Un grupo consensuado de desarrolladores curriculares e investigadores de evaluación que trabajan en las progresiones de aprendizaje sugirió la siguiente descripción amplia de su área de investigación en una reunión de educadores fundacionales:

Las progresiones de aprendizaje son descripciones hipotéticas de las maneras cada vez más sofisticadas en que se desarrolla el pensamiento de un estudiante respecto de un área de conocimiento importante o de una práctica, a medida que los niños aprenden e investigan sobre esa área, durante un periodo de tiempo apropiado (Center for Continuous Instructional Improvement, 2009, p. 37).

Esta descripción es intencionadamente amplia, con el fin de que pueda utilizarse de múltiples formas. Sin embargo, la intención es que este término sea más que un conjunto ordenado de ideas, partes de un currículo o situaciones de enseñanza. Además, el grupo consideró necesario que la definición de progresiones de aprendizaje incluyera el pensamiento de un estudiante a medida que avanza a través de una serie de niveles de diversa sofisticación, pero a la vez mantuviera un alcance amplio para incluir complicaciones, como un orden no lineal y diferentes ordenamientos para diferentes partes de la progresión de aprendizaje.

A pesar de que, como ya se mencionó, la idea de una progresión de aprendizaje se asocia con muchas otras ideas más antiguas y venerables sobre la educación, la historia del término específico en el contexto de la educación es relativamente breve (Center for Continuous Instructional Improvement [CCII], 2009). Se remonta a una publicación de un informe del Consejo de Investigación Nacional (National Research Council [NRC], 2006) que se enfoca en la evaluación de la educación desde el nivel de kíndergarten al último año de educación secundaria, lo que significa que desde un principio el término se ha vinculado a la evaluación. Sin embargo, en el poco tiempo que ha pasado desde la publicación del informe, ha habido escasa literatura sobre la relación entre estas dos ideas, a pesar de que esto podría cambiar en el futuro cercano. En un segundo informe del NRC (2007) también se incluyó el concepto de progresiones de aprendizaje junto a aplicaciones en las salas de clases. El término *trayectoria de aprendizaje* es un término más antiguo que se utilizaba en la enseñanza de las matemáticas con un significado similar (ej., Clements, Wilson, & Sarama, 2004). En estos informes se discuten varias iniciativas y perspectivas de evaluación, incluyendo referencias al informe seminal del NRC en 2001 *Knowing What Students Know*.

Si miramos la definición anterior de progresión de aprendizaje, se entrevén cada vez más nítidamente los importantes desafíos que se imponen a los métodos y prácticas de medición basados en la idea de un conjunto de “maneras del pensamiento del estudiante cada vez más sofisticadas.” En primer lugar, para simplificar el asunto, supongamos que solo existe un conjunto completamente ordenado de estas maneras de razonar. En este caso, el desafío es vincular el constructo subyacente con la descripción de estas maneras de pensar. Lo que se necesita es una manera de “relacionar” las mediciones resultantes con las características cualitativas de la estructura cognitiva por medio de las características observadas en las respuestas de los estudiantes a las tareas, preguntas u otros métodos que se utilicen para generar datos. El SEB (que se describe en mayor detalle más abajo), brinda un enfoque para esta versión simplificada y unidimensional de una progresión de aprendizaje. Sin embargo, puede ser muy simplista suponer un orden completo de maneras de razonar. El tema de las progresiones de aprendizaje puede incluir subconceptos o subdimensiones, cada una de las cuales sigue su propio orden, en donde las subdimensiones podrían tener relaciones complejas entre sí, tales como estar en un ciclo ordenado. En la segunda parte de este artículo, por lo tanto, se expanden estas ideas que representan al SEB a fin de responder a este desafío.

### El sistema de evaluación BEAR

El sistema de evaluación BEAR se basa en la idea de que una buena evaluación aborda la necesidad de mediciones confiables que incluyan estos cuatro principios: (a) una perspectiva de desarrollo, (b) una

relación entre la enseñanza y la evaluación, (c) la gestión de los docentes, y (d) la recolección de evidencia de calidad. Estos cuatro principios, además de los cuatro pilares que los conforman, se muestran en la Figura 1. En la siguiente sección de este artículo se aborda cada uno de estos principios y pilares, haciendo hincapié en el primero. Este enfoque fue en su inicio ideado por Wilson y Sloane (2000), como una extensión del enfoque de modelamiento de Rasch, propuesto por Wright (Wright & Masters, 1981; Wright & Stone, 1979). El enfoque SEB utiliza los cuatro principios que se mencionan y se enfoca en el uso de los modelos de Rasch para implementar el último. Consulte Wilson (2005) para una descripción detallada del proceso de desarrollo de un instrumento que sigue estos pasos, y Black, Wilson y Yao (2011) para una discusión sobre cómo el sistema de evaluación resultante puede vincularse a una progresión de aprendizaje. También se puede encontrar más información sobre el SEB en el sitio web del BEAR Center: <https://bearcenter.berkeley.edu/page/bearassessment-system>. Lo que se describe a continuación se basa a grandes rasgos en las descripciones que se encuentran en estas referencias.

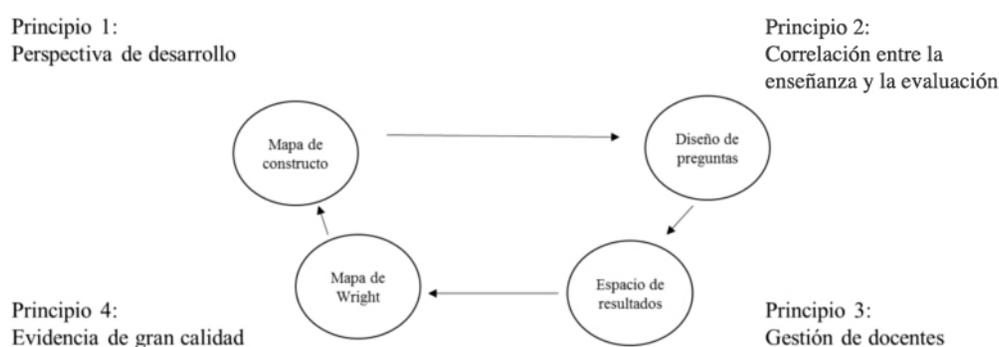


Figura 1. Los principios y pilares del sistema de evaluación BEAR (SEB).

### Principio 1: una perspectiva de desarrollo

Una perspectiva de desarrollo del aprendizaje estudiantil implica evaluar cómo la comprensión de los estudiantes respecto a conceptos y destrezas en particular se desarrolla con el tiempo, en contraste con, por ejemplo, hacer una única medición al final o en un momento dado. El establecimiento de criterios apropiados para implementar una perspectiva de desarrollo ha sido un desafío para los educadores por muchos años. Los aspectos de qué medir y cómo medirlo, enfocarse en metas de aprendizaje generales o en conocimientos específicos de un área, y la influencia de una variedad de teorías de aprendizaje y enseñanza, influyen en los enfoques que mejor sirven para informar sobre la evaluación del desarrollo.

**Pilar 1: mapas de constructos.** Los mapas de constructos (Wilson, 2005) plasman la perspectiva de desarrollo respecto a la evaluación de los logros y el crecimiento de los estudiantes, el primero de los cuatro principios. Un mapa de constructo es un orden bien pensado e investigado de diferentes niveles cualitativos de desempeño que se focaliza en una característica. Por lo tanto, un mapa de constructo define lo que debería medirse o evaluarse en términos lo suficientemente generales como para que puedan interpretarse en un currículo y posiblemente en varios currículos, pero que es lo suficientemente específico como para guiar el desarrollo de otros componentes. Cuando las prácticas de enseñanza se vinculan con el mapa del constructo, éste también revelará metas de enseñanza. Los mapas de constructos son un modelo de cómo las evaluaciones pueden integrarse a la enseñanza y a la rendición de cuentas. Ellos son una manera de vincular las evaluaciones a gran escala con lo que los estudiantes están aprendiendo en clases, basándose en principios del desarrollo, mientras mantienen el potencial de mantenerse independiente del contenido de un currículo específico. Para establecer la validez de constructo de un sistema de medición, se necesita una definición clara de lo que se espera que los estudiantes aprendan y un marco teórico de lo que se espera lograr con ese aprendizaje a medida que el estudiante progresa en su estudio del material de enseñanza (es decir, en términos del desempeño de aprendizaje).

Los mapas de constructo provienen en parte de las investigaciones sobre la estructura cognitiva subyacente del área de estudio y en parte del juicio profesional sobre lo que constituye niveles altos y bajos de desempeño o competencias, pero también son informados por las investigaciones empíricas sobre cómo los estudiantes responden a la enseñanza o el desempeño en la práctica (NRC, 2001). Para entender mejor lo que es una variable de progreso, consideremos el siguiente ejemplo.

El primer ejemplo que se explora en esta breve introducción es una medición de una sola área de una prueba de estadísticas y modelamiento impartida a estudiantes de segundo ciclo de educación primaria. El proyecto de Evaluación del Razonamiento Estadístico y Modelamiento de Datos (Assessing Data Modeling and Statistical Reasoning, ADMSR) es un esfuerzo colaborativo entre los especialistas de aprendizaje y medición para desarrollar un sistema de evaluación curricular integrado en las áreas de razonamiento estadístico y modelamiento de datos (Lehrer, Kim, Ayers, & Wilson, en prensa). Los instrumentos para medir las capacidades de los estudiantes en las áreas de modelamiento de datos fueron diseñados e implementados bajo la tutela del Centro de Medición y Evaluación de Berkeley (BEAR), de acuerdo al marco del sistema de evaluación BEAR.

El primer pilar, el mapa de constructo, es una descripción de una variable latente o constructo y es un orden de diferentes niveles cualitativos de desempeño que se enfocan en una característica. Se utiliza un mapa de constructo para representar una teoría cognitiva de aprendizaje coherente con una perspectiva de desarrollo. En la Figura 2 se muestra un ejemplo de uno de los mapas de constructo del proyecto ADMSR, el mapa de constructo de los Conceptos de Estadística (CoS). El concepto CoS propone una serie de hitos a medida que los estudiantes entienden que las estadísticas miden las cualidades relacionadas con la distribución, tales como el centro y la dispersión, y luego siguen aprendiendo la estadística como algo generalizable y dependiente de la variación de cada muestra.

| <b>Conceptos de estadística</b>  |  |
|--|--|
| <b>CoS4 - Investiga y anticipa cualidades de la distribución de muestreo.</b>                                    |  |
| CoS4D  | Predice y justifica cambios en una distribución de muestreo basado en cambios en las propiedades de una muestra.   |
| CoS4C  | Predice que, mientras el valor de una estadística varía de una muestra a otra, su conducta en las diferentes muestras será regular y predecible.           |
| CoS4B  | Reconoce que la variación de muestra a muestra en una estadística debido a las probabilidades.   |
| CoS4A  | Predice que el valor de una estadística cambiará de muestra a muestra.   |
| <b>CoS3 - Considera a la estadística como mediciones de las características de una distribución de muestreo.</b> |  |
| CoS3F  | Escoge y evalúa la estadística al considerar cualidades de una o más muestras.   |
| CoS3E  | Predice el efecto que se generará en una estadística debido a un cambio en el proceso que genera la muestra.   |
| CoS3D  | Predice cómo una estadística se ve afectada por los cambios en sus componentes o demuestra conocer las relaciones entre los componentes.                   |
| CoS3C  | Generaliza el uso de una estadística más allá de su contexto original de aplicación o invención.   |
| CoS3B  | Inventa un proceso de medición replicable para cuantificar una cualidad de la muestra.   |
| CoS3A  | Inventa un proceso de medición idiosincrático para cuantificar una cualidad de la muestra basado en conocimiento tácito que los otros quizás no comparten. |
| <b>CoS2 – Calcula estadísticas</b>   |  |
| CoS2B  | Calcula estadísticas indicando la variabilidad.  |
| CoS2A  | Calcula estadísticas indicando la tendencia central.   |
| <b>CoS1 – Describe las características de la distribución de manera informal.</b>                                |  |
| CoS1A  | Utiliza cualidades virtuales de los datos para resumir la distribución.  |

Figura 2. El mapa de constructo de los Conceptos de Estadística (CoS) de las Progresiones de Aprendizaje ADMSR.

En un mapa de constructo se da por sentado que el concepto que se está midiendo representa una progresión continua de la capacidad, con los niveles más bajos en la base y los niveles más expertos en la parte superior del mapa de constructo. Esta progresión de las capacidades se puede dividir en puntos de referencia cualitativos distinguibles a lo largo de la progresión (es decir, los niveles). En cada uno de los niveles, hay subniveles (que pueden o no estar ordenados dependiendo del contexto).

## Principio 2: calce entre la enseñanza y la evaluación

El propósito principal de los constructos es que sirven como un marco para la evaluación y como un método para facilitar las mediciones. No obstante, este segundo principio deja claro que el marco para las evaluaciones debe ser el mismo que el marco para el currículo y la enseñanza.

**Pilar 2: el diseño de preguntas.** El pilar de diseño de preguntas gobierna el calce entre la enseñanza en clases y los diferentes tipos de evaluaciones. El elemento crucial que garantiza esto en el sistema de evaluación BEAR es que cada ítem de la evaluación y las respuestas típicas que dan estudiantes se vinculen hasta cierto punto con al menos un mapa de constructo.

En este segundo pilar de SEB, las preguntas se diseñan para obtener diferentes evidencias sobre la capacidad del estudiante que responde con respecto a los niveles del mapa del constructo. El objetivo de un conjunto de preguntas en el SEB es generar respuestas de los estudiantes para cada nivel del mapa del constructo. Estas preguntas son de diversos tipos. En el proyecto ADMSR, se trataba principalmente de preguntas para obtener respuestas cortas elaboradas por los alumnos, pero también incluía algunas preguntas de alternativas. Un ejemplo de una pregunta de ADMSR es el “Proyecto de Kayla”, que se muestra en la Figura 3.

El proyecto de Kayla

Kayla completa cuatro proyectos para su curso de ciencias sociales. Cada uno vale 20 puntos.

| Proyectos de Kayla - Puntos que obtuvo |           |
|--|-----------|
| Proyecto 1                             | 16 puntos |
| Proyecto 2                             | 18 puntos |
| Proyecto 3                             | 15 puntos |
| Proyecto 4                             | ???       |

El puntaje promedio que obtuvo Kayla por los cuatro proyectos fue de 17.

1. Utiliza esta información para encontrar el número de puntos que Kayla obtuvo en el **Proyecto 4**. Muestra tu razonamiento y el desarrollo de tu trabajo.

Figura 3. El ítem "Proyecto de Kayla" del ADMSR.

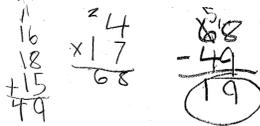
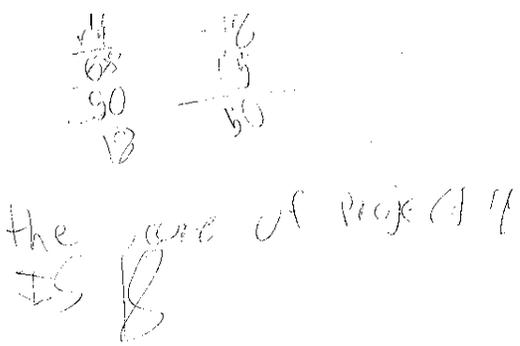
El ítem Proyecto de Kayla evalúa una porción pequeña de la comprensión del estudiante respecto del constructo Conceptos de Estadística. Cuando se le pide a un estudiante que calcule un valor que falta en referencia a todos los otros valores y el promedio dado, podemos evaluar lo que comprenden sobre la media y sus componentes.

## Principio 3: gestión de los profesores

Para que la información de los ítems de la evaluación y el análisis de BEAR sean útiles para los docentes y los estudiantes, esta debe estar orientada y directamente relacionada con los objetivos de enseñanza identificados a la base de las variables de progreso. Los docentes ya tienen un trabajo de tiempo completo con la preparación de sus clases, por lo que cualquier información nueva que se les presente no será útil a menos que puedan acceder a ella de manera rápida y eficiente. Por lo tanto, estas evaluaciones con preguntas abiertas deben poder ser puntuadas de manera rápida, expedita y confiable.

**Pilar 3: el espacio de los resultados.** *El espacio de los resultados* es el conjunto de resultados categóricos en los que se clasifica el desempeño de los estudiantes respecto a todas las preguntas asociadas con una variable de progreso en particular. En la práctica, estas se presentan como guías de puntuación para calificar las respuestas de los estudiantes a las preguntas de una evaluación. Este es el principal medio por el cual se implementa el elemento esencial del juicio profesional del docente en el sistema de evaluación BEAR. Estas se completan con *ejemplos*: ejemplos del trabajo de los estudiantes en cada nivel de puntuación por cada combinación de preguntas y variables, y *modelos*, que muestran a los profesores los momentos oportunos en el currículo en los que se debería evaluar a los estudiantes respecto a las diferentes variables.

Después de administrar las preguntas a los estudiantes, los resultados se interpretan con el uso del tercer pilar, el *espacio de los resultados*, en donde se describe en detalle cómo las respuestas de un estudiante se vinculan con los diferentes niveles del mapa del constructo. Cada pregunta en los instrumentos de ADMSR provee evidencia del nivel de uno o más de los siete constructos. Para el proyecto ADMSR, los ejemplos de cómo otorgar puntajes se crearon con el fin explícito de calificar las respuestas de los estudiantes como un nivel en el mapa del constructo. En la Figura 4, se muestra un conjunto de *ejemplos* sobre cómo calificar la pregunta del Proyecto de Kayla.

| Ejemplos del Proyecto de Kayla: conceptos de estadística (CoS) |  |   |
|--|--|---|
| Niveles  | Ejemplos de respuestas   | Ejemplos de respuestas de los estudiantes   |
| CoS3D  | <p><b>Predice cómo una estadística se ve afectada por los cambios en sus componentes o demuestra conocimientos de las relaciones entre los componentes.</b></p> <p>Los estudiantes utilizan estrategias de manera correcta, lo que indica que entienden las relaciones entre los puntajes individuales y la media.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>"La diferencias entre la media y cada puntaje son -1, 1, -2, por lo que la última diferencia debe ser 2 y el puntaje debe ser 19".</li> <li>N* estrategia para encontrar la media</li> </ul>  |
| CoS3D-   | <p><b>Predice cómo una estadística se ve afectada por los cambios en sus componentes o demuestra conocimientos de las relaciones entre los componentes.</b></p> <p>Los estudiantes utilizan una estrategia descrita en CoS3 D pero se equivocan al hacer los cálculos.</p>   | <p>Utiliza esta información para encontrar el número de puntos que Kayla obtuvo en el Proyecto 4. Muestra tu razonamiento.</p>    |

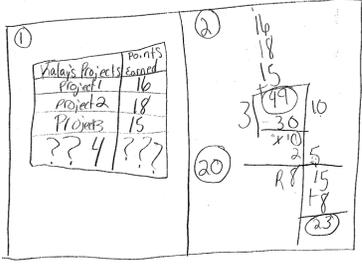
|                      |   |   |
|----------------------|---|---|
| <p><b>CoS2A</b></p>  | <p><b>Calcula estadísticas indicando la media.</b></p> <p>Los estudiantes muestran tener conocimientos sobre la media al utilizar una estrategia para encontrar y verificar el valor que falta.</p>   | <p>She received 19 points.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Ella obtuvo 19 puntos</div> $\begin{array}{r} 16 \\ +18 \\ 15 \\ +19 \\ \hline 68 \end{array}$ $4 \overline{) 68}$  |
| <p><b>CoS2A-</b></p> | <p><b>Calcula estadísticas indicando la media.</b></p> <p>Los estudiantes escriben la ecuación correcta para calcular el valor que falta.</p> <p>Los estudiantes dan una respuesta incorrecta, pero la explicación que dan muestra que conocen el procedimiento.</p>              | $\begin{array}{r} 16 \\ 18 \\ 15 \\ 20 \\ \hline 68 \\ \div 4 \\ \hline 17 \end{array}$ <p>Kayla received 20 number of points for Project 4.</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Kayla recibió 20 puntos por el proyecto 4</div> |
| <p><b>NL(ii)</b></p> | <p>Los estudiantes hacen algunos cálculos idiosincráticos con los valores.</p> <p>La respuesta es incorrecta y no se muestra una explicación, pero da una serie de respuestas relevantes.</p> <p>Los estudiantes comienzan con una estrategia correcta, pero no la completan.</p> | <p>1. <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">4/20</span></p> <p>2. </p>   |
| <p><b>NL(i)</b></p>  | <p>Intenta responder pero las respuestas son irrelevantes, poco claras, no plausibles, no razonables, o demuestran que el estudiante no entendió la pregunta.</p>   | <p>"No sé". *</p>   |
| <p><b>M</b></p>      | <p>No respondió</p>   |   |

Figura 4. El ejemplo de cómo otorgar puntaje a la pregunta Proyecto de Kayla.

Los estudiantes que obtienen el puntaje más alto en el ítem Proyecto de Kayla están en el nivel 3 del concepto CoS. En el nivel 3, los estudiantes son capaces de utilizar estrategias más flexibles para resolver este problema. Por ejemplo, entienden que si el promedio de los cuatro puntajes es 17, los puntajes deben sumar 68. Una vez superado este paso, son capaces de encontrar el puntaje que falta al restar los valores que se entregan a 68. Los estudiantes en el nivel 2 del concepto CoS entienden cómo calcular el promedio y utilizan la fórmula como lo harían normalmente cuando se les entrega un conjunto de valores. En este nivel, los estudiantes utilizan una estrategia en que intentan “adivinar y confirmar” con el objetivo de resolver el problema, pero son capaces de calcular la respuesta. Los estudiantes que dieron respuestas relevantes, pero no entregaron evidencia de desempeñarse en uno de los niveles definidos en el constructo CoS, se calificaron como  $NL(ii)$ , mientras que aquellos que dieron respuestas irrelevantes se calificaron como  $NL(i)$ . Estas respuestas  $NL$  se codifican de esta manera, a fin de representar las respuestas a las preguntas que no guardan relación con los niveles de CoS en el mapa del constructo. Finalmente, los estudiantes que vieron la pregunta pero no entregaron una respuesta se calificaron como una pregunta sin respuesta.

#### Principio 4: evidencia de alta calidad

Los problemas técnicos relacionados con la confiabilidad, la validez, la equidad, la coherencia y el sesgo pueden muy rápidamente frustrar cualquier intento por medir, usando un constructo como el que se describe en la sección anterior, e incluso pueden frustrar los esfuerzos por desarrollar un marco razonable respaldado por evidencia empírica. Para garantizar que los resultados puedan ser comparados a lo largo del tiempo y en varios contextos, debe haber procedimientos que (a) examinen la coherencia de la información recolectada con diferentes formatos, (b) ubiquen el desempeño de los estudiantes en las variables de progreso, (c) describan los diferentes elementos estructurales del sistema de rendición de cuentas (como las preguntas y los jueces) en relación a los constructos subyacentes, y (d) establezcan niveles uniformes del funcionamiento del sistema, en términos de índices de control de calidad, tales como la confiabilidad.

**Pilar 4: mapas de Wright.** El pilar final del SEB es el modelo de medición. El modelo de medición brinda una manera guiada de utilizar la información sobre los estudiantes y sus respuestas respecto a las preguntas codificadas en el espacio de resultados, con el fin de localizar a los estudiantes y las preguntas en el mapa del constructo (Wilson, 2003). Se pueden aplicar diferentes modelos de medición a un instrumento dado. Por lo general, los resultados del modelo de medición se representan con un *mapa de Wright*, una representación gráfica y empírica de un mapa de constructo que muestra cómo se desenvuelve o evoluciona empíricamente en términos del desempeño cada vez más sofisticado de los estudiantes.

#### Delinear una progresión de aprendizaje con el uso de mapas de constructos

En lo que queda de este artículo nos enfocaremos solo en el primero de los pilares descritos en la sección anterior, el mapa de constructo, y su posible relación con la idea de una progresión de aprendizaje, también descrita en la sección anterior. Dicha relación se ha denominado *estructura de la evaluación*. Se han descrito los cuatro pilares fundacionales del SEB porque es necesario entender cómo el mapa del constructo encaja en el enfoque general para apreciar su relevancia e importancia en lo que veremos a continuación. En caso de ser relevante, mencionaremos los temas relacionados con las preguntas en evaluaciones, el espacio de los resultados y los modelos de medición. No obstante, el principal enfoque de este artículo es la relación conceptual entre el mapa del constructo y una progresión de aprendizaje; en consecuencia, a pesar de que estos elementos son importantes para realmente producir un mapa del constructo, en este artículo no los exploraremos a fondo.

Un enfoque para entender cómo los mapas de constructo se relacionan con las progresiones de aprendizaje es ver a estos últimos como un *conjunto* del anterior, cada uno con una dimensión de la progresión de aprendizaje, en donde los niveles de los mapas de constructos se relacionan (de alguna manera) con los niveles de la progresión de aprendizaje (Draney, 2009; Wilson, 2009). Un ejemplo muy sencillo (unidimensional) de esto, se muestra en la Figura 5 (aquí la progresión de aprendizaje se representa como una secuencia de nubes cada vez más grande), en donde el tamaño y la altura relativa representan el incremento en la sofisticación (y aplicabilidad) de los niveles de comprensión. La persona en

la esquina inferior izquierda es un encargado del desarrollo curricular, quien ha propuesto esta idea como una progresión de aprendizaje. El único mapa de constructo se muestra superpuesto a este conjunto de niveles de progresión de aprendizaje (simbolizado por un mapa de constructo muy similar al de la Figura 2, que se redujo hasta que pareciera un icono), y permite que uno pueda delinear la progresión de aprendizaje, similar a cómo en un mapa los kilómetros muestran la distancia entre dos puntos. En este caso, los niveles del mapa de constructo se correlacionan muy bien con las diferentes estructuras de progresiones de aprendizaje, pero no siempre es cierto que los niveles y el mapa de Wright encajen a la perfección. Cuando no encajan, los encargados del desarrollo curricular deben volver a la etapa de diseño, pues el problema puede deberse a muchas razones, incluidos los niveles del constructo, las preguntas de evaluación, la guía de puntuación o incluso a problemas técnicos con el modelo estadístico. Dado que todas estas opciones son posibles, cuando se detecta un problema, todas deben investigarse.

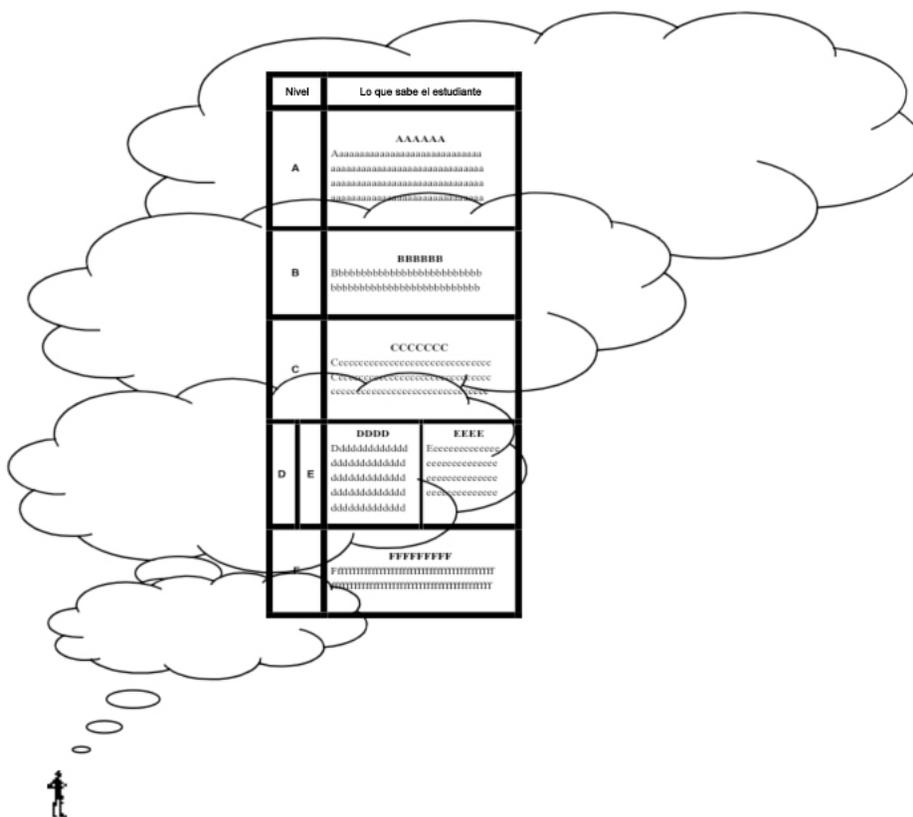


Figura 5. Una progresión de aprendizaje con un mapa de constructo asociado.

Sin embargo, las progresiones de aprendizaje que suelen surgir en cualquier situación de aprendizaje pragmático son más complejas, por lo que la relación sencilla que se muestra en la Figura 5 debe adaptarse para incorporar complejidades. Más allá de una dimensión única, puede utilizarse un conjunto de mapas de constructos para delinear una progresión de aprendizaje más compleja (Draney, 2009; Wilson, 2009). Quizás la manera más sencilla de entender esto sería considerar a cada mapa de constructo como una única dimensión de una estructura multidimensional. En la Figura 6, se muestra una figura genérica para una progresión de aprendizaje tridimensional. Esta figura, junto con la comprensión de que la relación entre las tres dimensiones se estima utilizando un coeficiente de correlación, es para un modelo multidimensional de respuestas (o a veces, si las variables observadas son continuas, para un modelo de análisis de factores). Además, las progresiones de aprendizaje suelen incorporar relaciones más complejas en las dimensiones, en donde se debe alcanzar un cierto nivel de la dimensión antes de llegar al éxito en un nivel en particular de otra dimensión. Se trata de fórmulas intrigantes y recomendamos que los lectores interesados consulten los trabajos de Wilson (2009, 2012) para más detalles sobre el impacto que tienen en las mediciones. No obstante, estas se encuentran fuera del alcance de este artículo.

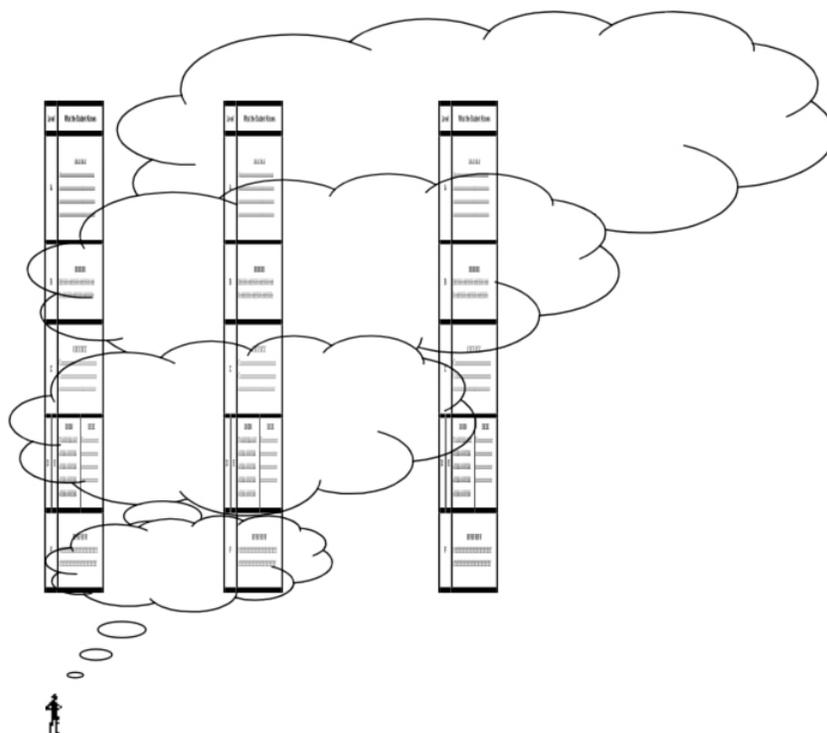


Figura 6. Una posible relación: los niveles de la progresión de aprendizaje son niveles en distintos mapas de constructos.

### Medir una progresión de aprendizaje en donde el aprendizaje objetivo se representa como un ciclo

En la descripción anterior se entrega una narrativa, ahora bien establecida, de cómo una progresión de aprendizaje, con su idea básica de tener un rumbo hacia una sofisticación mayor, puede ser respaldada por constructos unidimensionales, los que luego pueden combinarse en estructuras multidimensionales. El constructo Conceptos de Estadísticas representa un resultado de aprendizaje unidimensional, el cual podría aumentarse con otros constructos de modelamiento de datos para formar un resultado de aprendizaje multidimensional. Ahora nos enfocaremos en otro escenario, uno que implica adaptar este enfoque de medición para evaluar una estructura algo más compleja, en donde el aprendizaje objetivo se representa como un ciclo. Es decir, el objetivo central de la progresión de aprendizaje es que los estudiantes dominen un ciclo de varios pasos de actividades cognitivas. Existen muchos ejemplos de esta forma de niveles más complejos del currículum escolar y es una forma fundamental para muchas áreas de estudio a nivel universitario. Un ejemplo típico (en su forma más sencilla) en el currículum de ciencias para el segundo ciclo de enseñanza primaria, que suele extenderse hacia el currículum de enseñanza secundaria y a nivel universitario, es el ciclo del carbón (consulte Jin, Zhan, & Anderson, 2013, para una descripción del ciclo científico mismo y las complejidades de medirlo). A pesar de que el ciclo del carbón en sí mismo es un fenómeno cíclico, en este artículo se hace hincapié en el proceso de aprendizaje cíclico que ocurre. Se pueden encontrar muchos de estos ciclos en una amplia gama de publicaciones, y los cuatro pilares del sistema de evaluación BEAR constituyen un claro ejemplo de esto (véase la Figura 1).

Estos ciclos se pueden representar de manera genérica, como en la Figura 7. En este caso, el encargado de desarrollar el currículum está contemplando la idea de, digamos, un ciclo en cuatro partes. Una manera de modelar esta estructura sería insertar un mapa de constructo en cada parte del ciclo, como en la Figura 8. La hipótesis en este caso es que a medida que la sofisticación de un estudiante respecto a su comprensión y aplicación del ciclo se desarrolla, el dominio que tiene el estudiante sobre cada una de las partes también aumentará. Este parece un primer paso elemental y obvio en pos de medir una progresión de aprendizaje que integra al ciclo como su objetivo: la progresión se encuentra dentro de las partes del ciclo.

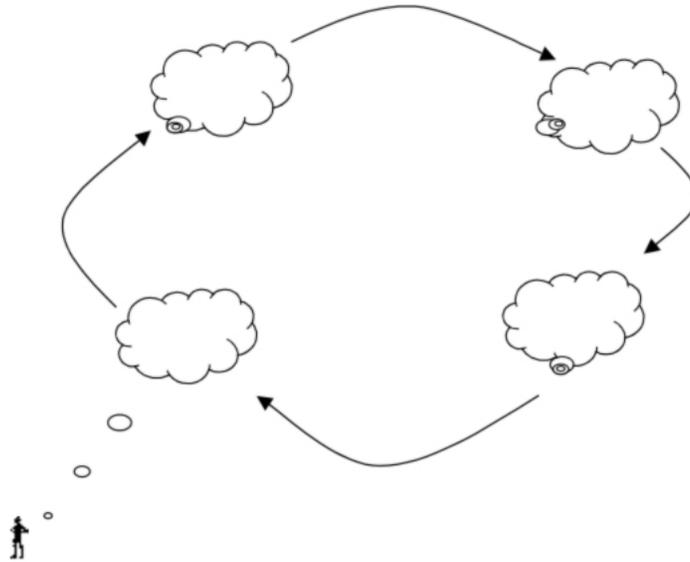


Figura 7. Una representación de un ciclo de aprendizaje.

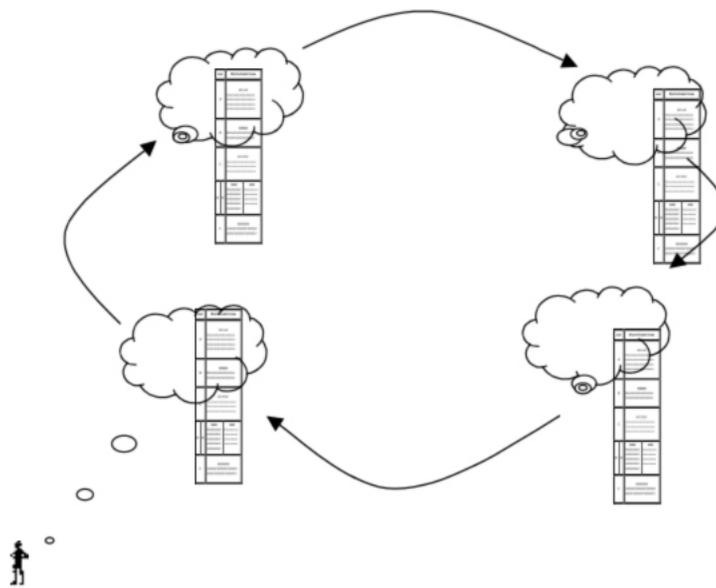


Figura 8. Cada parte del ciclo de aprendizaje podría representarse como un mapa de constructo.

Duckor, Draney y Wilson (2009) dan un ejemplo de cómo se crea un enfoque para medir ciclos, parte del proyecto *Medir la Medición*, en el que se aplica el SEB a la comprensión y logros de los estudiantes en el sistema de evaluación BEAR (es decir, estaban estudiando cómo medir el desempeño de estudiantes universitarios en clases de medición introductorias, en donde el currículum se estructuraba en base al SEB). Por ejemplo, en la Figura 9 se muestra su representación del constructo Comprensión de los Mapas de Constructo. Los autores escogieron como su marco de evaluación una estructura que es paralela a la que se muestra en la Figura 8. En la Figura 10 se muestra su modelo básico. Como queda demostrado,

hay un constructo medido por cada parte del ciclo SEB. En esta publicación luego se detalla cómo se diseñaron las preguntas y se construyeron los espacios de resultados para los cuatro constructos (es decir, los cuatro pilares), y luego cómo se estimaron las ubicaciones de las preguntas y las personas para ubicarlas en los mapas de Wright.

### Comprensión de los mapas de constructos

|      | <i>Estudiantes evaluados</i>   |  | <i>Respuestas a las preguntas</i>   |
|------|--|--|---|
| Alto | <p><i>Los estudiantes evaluados</i> pueden integrar aspectos normativos y de criterio del mapa de constructo. Entienden el mapa de constructo como una hipótesis sobre la distribución empírica de, por ejemplo, la dificultad de las preguntas y la capacidad de las personas, y tratan de alinear el diseño de las preguntas, el espacio de resultados y el modelo de medición con el mapa.</p> <p><i>Los estudiantes evaluados</i> pueden explicar por qué en algunas personas y preguntas se mide más o menos del mapa del constructo. También pueden ser capaces de explicar la relación entre ambos.</p> <p><i>Los estudiantes evaluados</i> pueden describir el mapa de constructo en términos de un solo concepto o definición. Reconocen la necesidad de descripciones de los niveles ordenados. También puede ser que comiencen a desarrollar constructos secundarios para abordar la complejidad.</p> <p><i>Los estudiantes evaluados</i> pueden comenzar a describir todos los objetivos, estándares, factores, escalas, entre otros que son de interés, pero aun no han propuesto medir un solo fenómeno. Es posible que sean rígidos e inflexibles respecto a la necesidad de limitar y enfocarse en un solo mapa de constructo.</p> | <p>Integral<br/>5</p> <p>Multiestructural<br/>4</p> <p>Definicional<br/>3</p> <p>Discordante<br/>2</p> <p>Pre-evaluativo<br/>1</p> | <p><i>Respuesta a preguntas</i> indica una comprensión de dónde y cuándo se puede utilizar la representación del mapa de constructo para fortalecer/debilitar los vínculos de inferencias entre los aspectos específicos del sistema de medición. Asimismo, demuestra ser capaz de comparar expectativas teóricas con hallazgos empíricos.</p> <p><i>Respuesta a preguntas</i> indica una comprensión de cómo desarrollar un orden en el mapa de constructo ayuda a crear preguntas para completar la escala, idear un borrador de la estrategia de puntuación y brindar una verificación de la validez del contenido.</p> <p><i>Respuesta a preguntas</i> indica una comprensión básica de los criterios para desarrollar un mapa de constructo Muestra que los estudiantes evaluados pueden detectar problemas con la definición del constructo, el orden, la dimensión, etc.</p> <p><i>Respuesta a preguntas</i> indica que tiene una noción del constructo, pero lo define de manera múltiple o vaga. Muestra que los estudiantes evaluados pueden no estar conscientes de la naturaleza inferencial de la medición y de la función de establecer hipótesis por adelantado.</p> <p><i>Respuesta a preguntas</i> indica la falta de un concepto o de la comprensión de la noción de un constructo, o no se atiende al tema evaluado.</p> |
| Bajo | <p><i>Los estudiantes evaluados</i> ignoran o no prestan atención a ninguna noción de teorías cognitivas o basadas en constructos.</p>   |  |   |

Figura 9. El mapa de constructo de la comprensión de mapas de constructos.

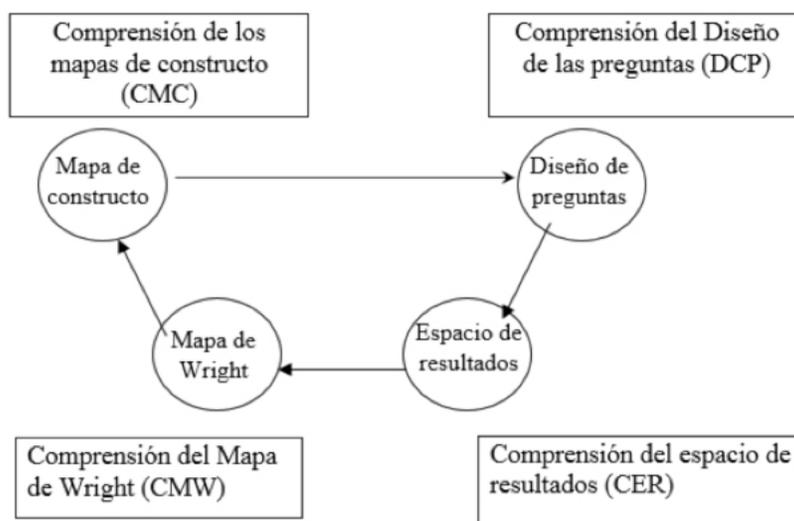


Figura 10. Una representación de los cuatro pilares, cada uno como un mapa de constructo, del proyecto Medir las Mediciones.

Sin embargo, este marco de evaluación en particular, a pesar de que es coherente con el marco unidimensional y multidimensional que se mostró anteriormente (es decir, del ADMSR), no es del todo satisfactorio en este caso. No aborda de manera explícita la existencia de conexiones lógicas entre los constructos. Por ejemplo, cada pilar depende lógicamente de la obtención de cierto conocimiento y logros en el pilar anterior, precisamente porque todos forman parte del ciclo SEB. Por lo tanto, tiene sentido incorporar esta idea en el modelo de medición con el fin de conceptualizar el modo de medir estas conexiones. Esta idea puede incluir varios aspectos. Consideremos un aspecto, que se muestra en la Figura 11. En esta figura se demuestra cómo un docente puede considerar la sofisticación más avanzada que un estudiante pueda tener al comprender inicialmente el SEB. El estudiante podría comenzar con (a) una comprensión de solo un pilar, digamos, el mapa del constructo (aunque también podría ser el diseño de preguntas), como se muestra en la esquina inferior izquierda de la Figura 11. Luego, añadir (b) una comprensión de cómo el mapa del constructo se relaciona con el diseño de preguntas, seguido de (c) una comprensión de la relación tripartita entre el mapa de constructo, el diseño de preguntas y el espacio de resultados. Finalmente, (d) lograr una comprensión de todo el ciclo SEB, las relaciones entre todos los pilares fundacionales. Note que en el diagrama, cada uno de los pilares sigue teniendo su propio mapa del constructo, por ende, hay cinco constructos que se representan en la Figura 11: el Constructo de las Relaciones entre los Pilares, que se acaba de describir, y uno por cada pilar, como se mencionó anteriormente.

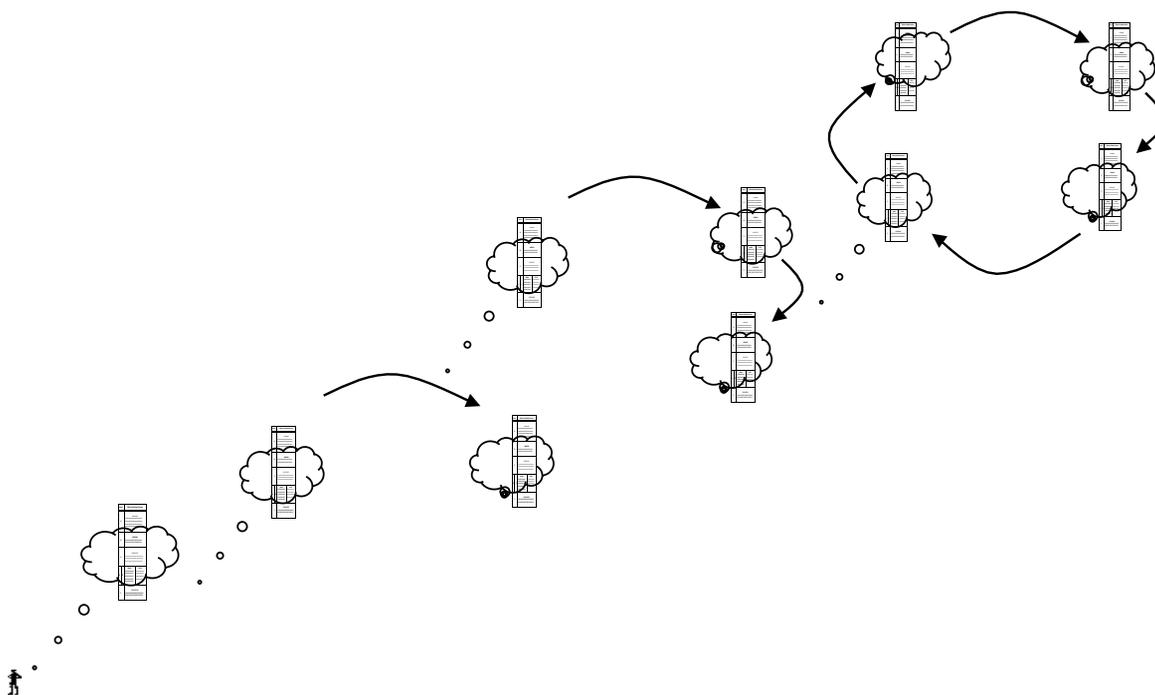


Figura 11. Una manera de representar el desarrollo de la comprensión de un ciclo.

Otra forma de desarrollar la comprensión de un ciclo podría ocurrir según la secuencia de desarrollo que se describe en la Figura 11. Si suponemos que los estudiantes ya cuentan con una comprensión de los cuatro pilares, entonces la manera en que los estudiantes entienden los pilares puede evolucionar de una forma más sofisticada a medida que avanzan por los niveles del constructo. Esto se ilustra de una manera muy genérica en la Figura 12, en donde se observa un patrón distinto para cada uno de los ciclos de los cuatro pilares mostrando los cambios cualitativos que ocurren. La comprensión del ciclo completo podría llegar a una mayor sofisticación de diversas maneras, dependiendo del área de cognición que se represente. Por ejemplo, el ciclo mismo podría aplicarse para analizar una pregunta o tema específico, o podría aumentarse con otro componente de una naturaleza diferente a sus partes originales.

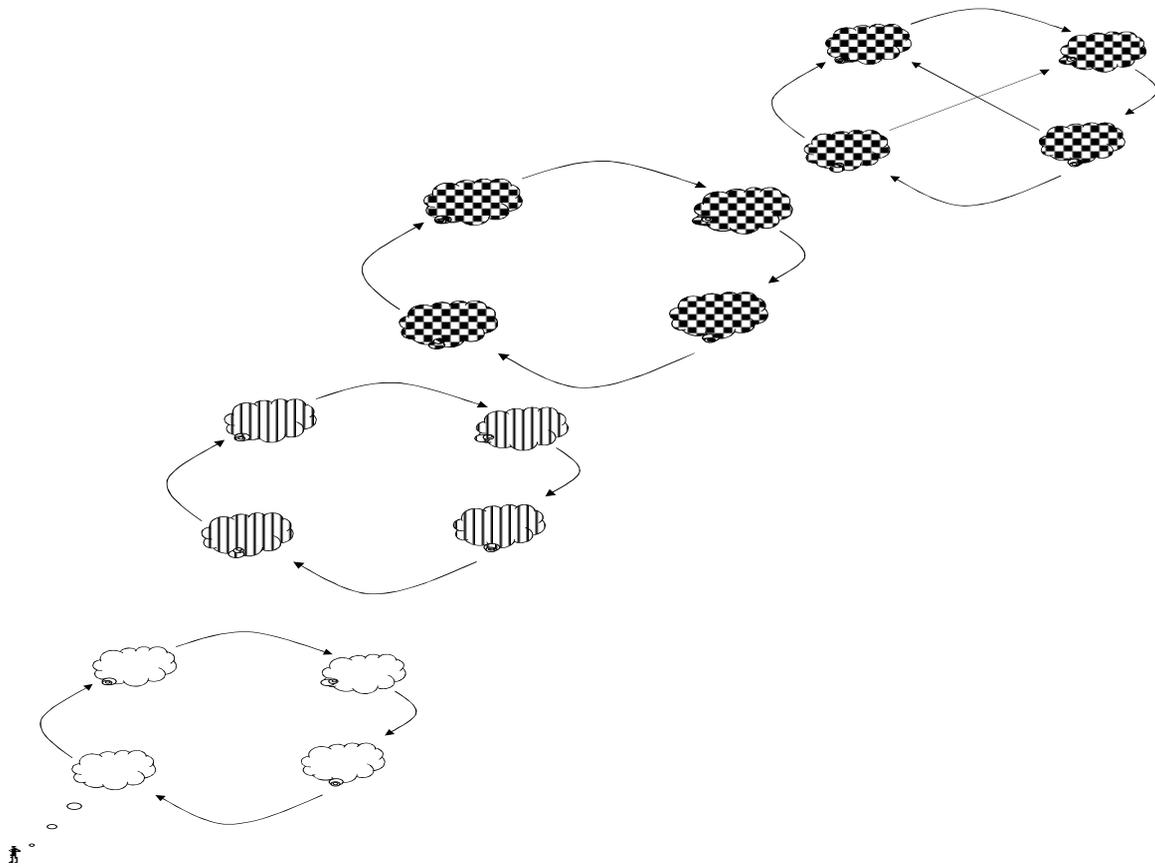


Figura 12. Una segunda manera de representar el desarrollo de la comprensión de un ciclo.

En una publicación de Brown y Wilson (2011) se describe un ejemplo de este tipo de progresión de aprendizaje. En el estudio se toma el ciclo básico de SEB (como en la Figura 1) y se añade complejidad en dos pasos (véase la Figura 13). En esta figura, en la esquina inferior izquierda se muestra la representación original del ciclo SEB; la siguiente representación al medio del diagrama muestra los mismos cuatro pilares, pero aquí los cuatro vínculos se han aumentado con dos líneas diagonales adicionales que muestran los otros vínculos que existen entre los cuatro pilares: cada uno de estos simboliza elementos secundarios importantes del SEB. La conexión diagonal desde el espacio de resultados hasta el constructo añade un sub-ciclo muy importante para el SEB, a veces denominado *triángulo interno cualitativo*, que consiste en esos dos, más el diseño de preguntas. Un encargado de crear mediciones puede utilizar el triángulo interno varias veces antes de recolectar la suficiente cantidad de datos en una única instancia como para utilizar el modelo de medición; por lo tanto, se aprecia que este es un logro importante. La otra diagonal, que va desde el modelo de medición hasta el diseño de preguntas, indica el importante paso del procedimiento de verificar “el ajuste” técnico (Wilson, 2005) de las preguntas (y otros efectos fijos de medición, tales como los jueces, etc.) para (a) garantizar que se han cumplido las suposiciones formales del modelo estadístico y (b) para llegar a una interpretación sustancial en caso de que el ajuste no sea idóneo. La tercera representación, en la esquina superior derecha, representa otro paso importante al apreciar y aplicar el SEB, pero esta vez con un pilar adicional. Este pilar no suele incluirse en la lista de los cuatro pilares del SEB porque está fuera del SEB y no forma parte del sistema de medición formal. Representa las preguntas de investigación que se quiere responder, lo que constituye la motivación de emplear el SEB para desarrollar las evaluaciones. Por supuesto, se puede utilizar una evaluación dada con diferentes conjuntos de preguntas de investigación (y, dado el esfuerzo necesario para hacer bien el trabajo, uno espera que este sea siempre el caso). Sin embargo, las preguntas de investigación sirven como un marco guía importante para aplicar los cuatro pilares, como también para entender cómo funcionan juntos.

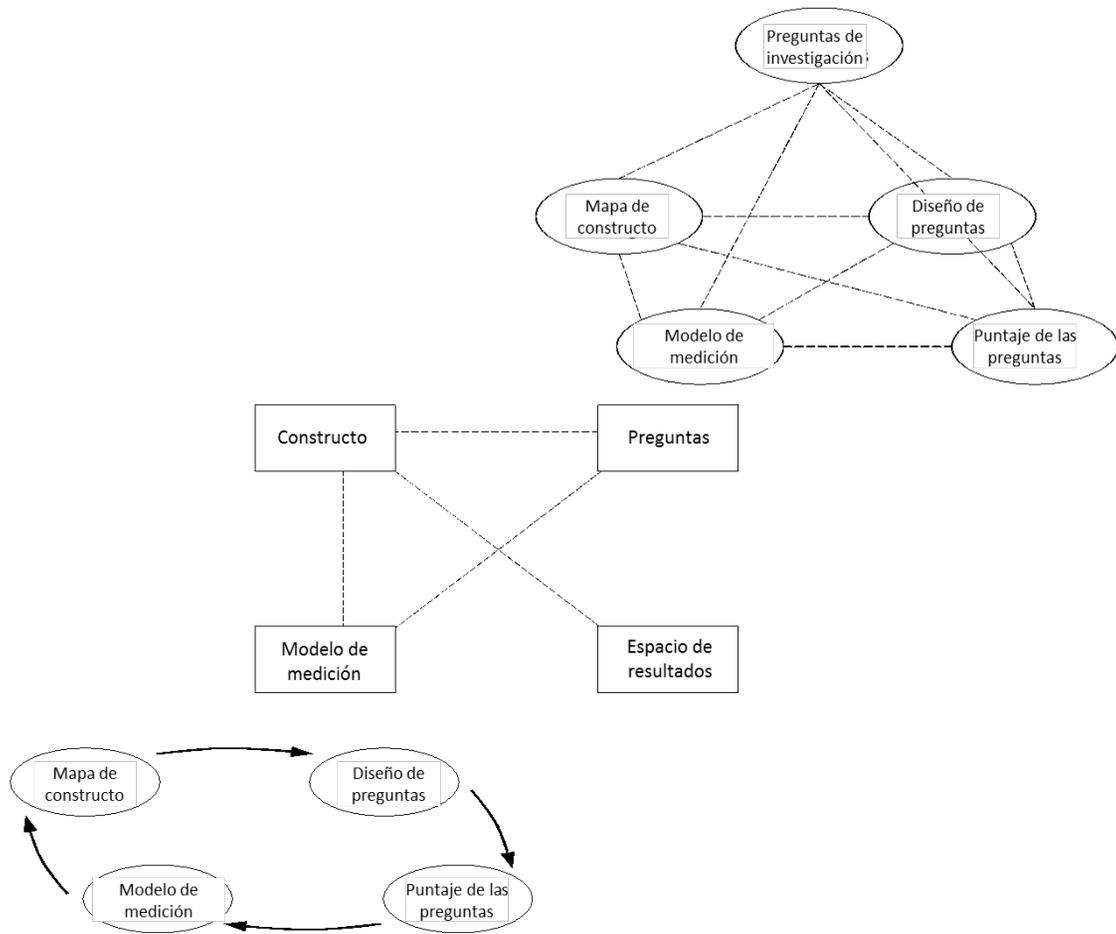


Figura 13. Los tres niveles de comprensión del ciclo SEB, según Brown y Wilson (2011).

## Discusión

Las estructuras abstractas que se describen y tratan en las secciones anteriores son bastante complejas, ciertamente más complicadas que aquellas que se suelen utilizar como el modelo subyacente en la teoría de respuesta al ítem. Creemos que una clara exposición del enfoque descrito aquí para modelar las respuestas de preguntas será crucial para el progreso de la evaluación de las progresiones de aprendizaje, en la medida en que se aplican de forma cada vez más amplias y sofisticadas. Efectivamente, las progresiones de aprendizaje imponen varios desafíos al desarrollo típico de evaluaciones y a las técnicas de modelamiento psicométrico que han dominado a las evaluaciones durante los últimos 100 años. En particular, se demostrará que es inadecuado (como ya se ha comprobado) limitarse a una conceptualización unidimensional de la teoría de evaluación clásica y el modelamiento de respuesta a preguntas estándar. Como mínimo, se debe prestar más atención a los modelos multidimensionales y sus extensiones más complejas, como se exploró en las secciones anteriores.

Los diferentes enfoques para medir una progresión de aprendizaje que se describen en este artículo, en donde el aprendizaje objetivo se representa como un ciclo, constituyen solo una muestra limitada de las muchas otras posibilidades que surgen rápidamente cuando se indagan las ideas que tienen los encargados del desarrollo curricular a medida que crean currículos y progresiones de aprendizaje asociadas. Por ejemplo, por citar solo una complejidad común entre tales esfuerzos, podría ser necesario establecer vínculos entre los diferentes niveles de los mapas de constructos. La hipótesis de estos vínculos descansaría sobre la base de teorías cognitivas que subyacen a las progresiones de aprendizaje y/o a los análisis de las preguntas que se utilizan para medir los constructos. En este caso, podría haber vínculos específicos de nivel a nivel en el modelo estadístico (por ejemplo, Wilson, 2012), lo que implicaría una considerable cantidad de trabajo por desarrollar tanto en el modelamiento estadístico como en la interpretación de estos vínculos. Una segunda complejidad que debería haber quedado clara es que es posible que los encargados del desarrollo curricular prefieran (y probablemente así lo hagan) dividir por capas un modelo similar al que se ilustra en la Figura 12 y juntarlo con el otro modelo que se muestra en la Figura 11. Esto brindaría una idea más completa del desarrollo de una progresión de aprendizaje desde sus inicios hasta llegar a una etapa final más compleja. Será necesario desarrollar muchas más complejidades.

Las diferentes estrategias de modelamiento deberán ser coordinadas con las estrategias de enseñanza que se utilizan en el currículo orientado al aprendizaje del estudiante. La suposición que se plasma en la Figura 12 tiene alcances educacionales diferentes a aquella que se muestra en la Figura 11. Si el modelo en la Figura 11 se considerara como apropiado, las cuatro partes del ciclo simplemente se enseñarían una a la vez, y se finalizaría con la integración de la cuarta. Si se considera que el modelo en la Figura 12 es adecuado, entonces se podría enseñar todo el ciclo al mismo tiempo, mejorando gradualmente cada parte a medida que la enseñanza repite el ciclo una y otra vez. La evidencia científica no indicará necesariamente que un enfoque es mejor que el otro; más bien, es muy posible que se puedan desarrollar estrategias de enseñanza para cada caso y tener éxito en ambos casos. Por lo tanto, la estructura de evaluación debe diseñarse considerando la perspectiva del currículo que se enseña.

Cuando se presentaron los constructos en este artículo, no se hicieron grandes distinciones entre los modelos psicométricos que se podrían utilizar para abordar los constructos en un sentido empírico. No obstante, cabe notar que muchas de las representaciones utilizadas en este artículo dan por sentado que los resultados de los análisis psicométricos pueden representarse en el mapa de Wright (lo que hace bastante explícita la conexión con el mapa de constructo). Resulta que este es un requisito importante tanto para las preguntas que se utilizan en las evaluaciones como para los modelos psicométricos que se utilizan para el análisis de los datos: los modelos psicométricos deben poder representarse en el mapa de Wright, y esto significa que deben venir de la familia de modelos de Rasch. Es decir, todas las preguntas deben ajustarse razonablemente bien al modelo de Rasch específico que se utilice (Wilson, 2005).

Finalmente, este artículo es bastante exploratorio. La creación de un conjunto de pasos de desarrollo bien formulados (por ejemplo, pasos como el desarrollo de instrumentos, análisis, aprendizaje de los resultados del análisis y volver a la etapa de desarrollo) requerirá que se desarrollen varias evaluaciones, para las diferentes progresiones de aprendizaje. También tomará tiempo digerir de manera adecuada lo que se ha aprendido de estos ejercicios. Por lo tanto, este artículo solo representa los primeros pasos en un camino que se vislumbra como largo e interesante.

El artículo original fue recibido el 9 de octubre de 2013

El artículo revisado fue recibido el 13 de enero de 2014

El artículo fue aceptado el 22 de enero de 2014

## Referencias

- Adams, R. J., Wilson, M., & Wang, W.-C. (1997). The multidimensional random coefficients multinomial logit model. *Applied Psychological Measurement, 21*, 1-23. doi: 10.1177/0146621697211001
- Alonzo, A. C., & Gotwals, A. W. (Eds.). (2012). *Learning progressions in science*. Rotterdam, Países Bajos: Sense Publishers.
- Black, P., Wilson, M., & Yao, S. (2011). Road maps for learning: A guide to the navigation of learning progressions. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives, 9*, 71-123. doi: 10.1080/15366367.2011.591654
- Brown, N. J. S., & Wilson, M. (2011). A model of cognition: The missing cornerstone of assessment. *Educational Psychology Review, 23*(2), 221-234. doi: 10.1007/s10648-011-9161-z
- Center for Continuous Instructional Improvement (CCII). (2009). *Report of the CCII panel on learning progressions in science*. Nueva York: CPRE Research Report, Columbia University.
- Clements, D. H., Wilson, D. C., & Sarama, J. (2004). Young children's composition of geometric figures: A learning trajectory. *Mathematical Thinking and Learning, 6*, 163-184.
- Draney, K. (2009). *Designing learning progressions with the bear assessment system*. Trabajo presentado en la Learning Progressions in Science (LeaPS) Conference, Iowa, IA.
- Duckor, B., Draney, K., & Wilson, M. (2009). Measuring measuring: Toward a theory of proficiency with the constructing measures framework. *Journal of Applied Measurement, 10*(3), 296-319.
- Jin, H., Zhan, L., & Anderson, C. W. (2013). Developing a fine-grained learning progression framework for carbon-transforming processes. *International Journal of Science Education, 35*(10), 1663-1697. doi: 10.1080/09500693.2013.782453
- Lehrer, R., Kim, M.-J., Ayers, E., & Wilson, M. (en prensa). Toward establishing a learning progression to support the development of statistical reasoning. En J. Confrey, & A. Maloney (Eds.), *Learning over time: Learning trajectories in mathematics education*. Charlotte, NC: Information Age Publishers.
- National Research Council (NRC). (2001). *Knowing what students know: The science and design of educational assessment. Committee on the Foundations of Assessment*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council (NRC). (2006). *Systems for state science assessment. Committee on Test Design for K-12 Science Achievement*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- National Research Council (NRC). (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8. Committee on Science Learning, Kindergarten through Eighth Grade*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Piaget, J. (1950). *The psychology of intelligence*. Londres: Lowe & Brydone.
- Piaget, J. (1971). *Biology and knowledge*. Chicago: University of Chicago Press.
- Wilson, M. (2003). On choosing a model for measuring. *Methods of Psychological Research, 8*(3), 1-22.
- Wilson, M. (2005). *Constructing measures: An item response modeling approach*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Wilson, M. (2009). Measuring progressions: Assessment structures underlying a learning progression. *Journal for Research in Science Teaching, 46*(6), 716-730.
- Wilson, M. (2012). Responding to a challenge that learning progressions pose to measurement practice: hypothesized links between dimensions of the outcome progression. En A. C. Alonzo, & A. W. Gotwals (Eds.), *Learning progressions in science* (pp. 317-344). Rotterdam, Países Bajos: Sense Publishers.
- Wilson, M., & Sloane, K. (2000). From principles to practice: An embedded assessment system. *Applied Measurement in Education, 13*(2), 181-208.
- Wright, B. D., & Masters, G. N. (1981). *Rating scale analysis*. Chicago: MESA Press.
- Wright, B. D., & Stone, M. (1979). *Best test design*. Chicago: MESA Press.