

# Utilizando actividades reveladoras de pensamiento para promover prácticas científicas en el salón de clase

LIMA-GONZÁLEZ, Cynthia & CARMONA-DOMÍNGUEZ, Guadalupe

C. Lima & G. Carmona

University of Texas at San Antonio  
Cynthia.Lima@utsa.edu

A. Alvarado, G. Carmona y A. Mata (Dirs.) Una visión integradora. Tópicos Selectos de Educación en CITEM.  
©ECORFAN- México, 2017.

## Abstract

In the last years, the implementation of a holistic view of teaching science in the classroom that considers the relevance of providing students multiple opportunities to explore the scientific concepts through inquiry has been encouraged as part of the education reform. Under this perspective, students develop concepts and scientific practices and construct, refine and extend scientific knowledge through inquiry (NRC, 2012). Thus, scientific practices have become a key component of the curriculum along with the development of core concepts or big scientific ideas.

In this study we explore the use of thought revealing activities (ARP by its name in Spanish) to develop authentic inquiry practices and scientific thinking (Chinn & Malhotra, 2002) using the ARP *Carreritas*. The ARP, *Carreritas* was implemented with 21 secondary level in-service teachers. Participants worked in groups to find the highest speed that a toy car could reach as it traveled down a ramp. Data collected was qualitatively analyzed to identify the scientific practices implemented while participants solved the ARP, and the concepts used to make sense of the phenomenon. We found that as part of the solving process, participants engaged in scientific practices including, inquiry design, variable selection, systematic data collection, use of multiple representations and communication of the experimental design and results. Some of these practices were authentically developed similarly to scientists. The results show that ARPs can potentially support the development of inquiry practices and scientific knowledge in a meaningful and authentic way, addressing the demands of the education reform.

## Prácticas científicas, Actividades Reveladoras de Pensamiento

### Introducción

Los enfoques de México y Estados Unidos sobre la enseñanza de la ciencia incluidos en el Modelo Educativo de 2017 y en los Estándares de Ciencia Nacionales (NGSS por sus siglas en inglés) de 2013 respectivamente, presentan algunos lineamientos paralelos que promueven la enseñanza de la ciencia a través de la indagación<sup>1</sup>. Bajo estos enfoques se considera que la enseñanza de las ciencias debe estar centrada en un conjunto de ideas clave cuyo aprendizaje facilite la estructuración del conocimiento científico, la interpretación de nuevos fenómenos; y, permitir múltiples oportunidades para construir, organizar y profundizar el conocimiento científico a través de indagaciones. La indagación se convierte en una parte fundamental del aprendizaje ya que es la manera en la que se genera el conocimiento científico; y las prácticas científicas toman nuevo significado al requerir que su desarrollo por parte de los estudiantes esté entrelazado con la construcción de los contenidos (NRC, 2012; SEP, 2017).

La demanda que establece tanto el Modelo Educativo y los Estándares de Ciencia Nacionales de la reforma educativa de integrar el aprendizaje de prácticas científicas con el desarrollo del conocimiento tiene diversas implicaciones. Una de ellas es el diseño y creación de ambientes de aprendizaje en los que las prácticas y los conocimientos científicos se desarrollen de manera significativa. Esto es, que las prácticas científicas sean auténticas, una forma de generar y modificar el conocimiento científico.

---

<sup>1</sup> Dada la convergencia de ambos enfoques educativos en la relevancia de la indagación para la enseñanza de la ciencia, se utiliza el término Reforma Educativa de manera incluyente haciendo referencia a las Reformas Educativas de México y Estados Unidos.

Investigar los alcances de los ambientes de aprendizaje en promover prácticas científicas auténticas nos permitirán mejorar el diseño e implementación de dichos ambientes en el aula para lograr que los estudiantes aprendan ciencia de manera significativa y se cumplan de manera exitosa los objetivos establecidos en el modelo educativo de México y Estados Unidos. En el siguiente apartado se hace una breve descripción de lo que consideraremos como prácticas científicas auténticas y de las actividades reveladoras de pensamiento.

## **1 Las prácticas científicas y la reforma educativa**

La reforma educativa propone la enseñanza de prácticas científicas como una forma de generar conocimiento. De acuerdo con esta propuesta, el aprendizaje de la ciencia debe darse a través de la exploración y comprensión del mundo natural (NRC, 2007, 2012; SEP, 2017). Aprender ciencia no es solamente aprender contenido científico, sino también involucrarse en el proceso de cómo hacer ciencia; esto es, tener oportunidades múltiples de participar en las prácticas científicas que permitan a los estudiantes generar, transformar y profundizar su conocimiento de los fenómenos naturales.

Sin embargo, las indagaciones que tradicionalmente se llevan a cabo en el aula, son indagaciones sencillas en el sentido de Chinn y Malhotra (2002); en contraste con las indagaciones auténticas, las cuales son llevadas a cabo por los científicos. Las indagaciones sencillas se caracterizan principalmente por dar a los estudiantes una pregunta de investigación previamente identificada junto con una serie de pasos prescritos que deben llevarse a cabo para dar respuesta a dicha pregunta y si se aplican de manera correcta llevarán al resultado esperado (Chinn & Malhotra, 2002). Berland et al. (2015) argumentan que, si se pone énfasis en el aprendizaje de prácticas científicas como pasos a seguir, puede resultar en la memorización de procedimientos, en lugar de promover la involucración significativa con la construcción del contenido científico como se concibe en la reforma educativa.

En contraste, en las indagaciones auténticas, los científicos generan sus propias preguntas de investigación y la aproximación para darles respuesta generalmente no es lineal o sencilla. Antes bien, es necesario que los científicos realicen múltiples observaciones y mediciones, transformen los datos observados, analicen posibles fallas en la metodología y sitúen su investigación en un contexto más amplio, entre otras actividades.

Los estándares curriculares que buscan integrar las prácticas y contenidos científicos incluyen una serie de habilidades necesarias para realizar indagaciones científicas que se deben desarrollar durante la escuela primaria y secundaria. Entre estas habilidades se encuentra la identificación de preguntas y conceptos que guían las investigaciones científicas, el diseño e implementación de investigaciones, formular y revisar explicaciones científicas usando lógica y evidencia, usar matemáticas y desarrollar argumentación científica (NRC, 2007, 2012). La inclusión de estas habilidades en el diseño de actividades para el aula ayudaría a los estudiantes a desarrollar una forma de pensar más crítica y profunda en contraste con el pensamiento que desarrollarían al seguir instrucciones prescritas para la conducción de un experimento.

Dado el énfasis en la investigación científica y el desarrollo de prácticas científicas auténticas, es importante contar con actividades o ambientes de aprendizaje que generen oportunidades para desarrollar las habilidades de manera no-prescriptiva. Esto es, que las múltiples observaciones, el uso de matemáticas, tecnología, el refinamiento de teorías, surja de manera natural como parte del proceso científico de generación del conocimiento. Para este propósito utilizamos las Actividades Reveladoras de pensamiento (ARP).

Un tipo de actividades no-prescriptivas que abren un espacio para que los estudiantes desarrollen un conocimiento profundo y significativo de ideas centrales relacionadas con la Ciencia, Matemáticas, Tecnología e Ingeniería (CITeM). En la siguiente sección se describe este tipo de actividades.

## 2 Actividades reveladoras de pensamiento

Considerando la visión sobre la enseñanza de la ciencia a través de la indagación, han surgido una diversidad de aproximaciones al desarrollo de actividades, ambientes y problemas de indagación que algunas veces no reflejan los atributos reales de la indagación científica (Chinn & Malhotra, 2002), o cuya implementación es inconmensurable con la visión teórica a partir de la cual fue originada (Abd-El-Khalick et al., 2004).

Dentro de las actividades que promueven la indagación científica a través de la modelación se encuentran las ARP. Las ARP están basadas en la perspectiva de Modelos y Modelación de Matemáticas en las que los estudiantes producen modelos matemáticos como respuesta a un problema abierto. Los modelos que generan los estudiantes serán utilizados por un cliente. Esto requiere que los modelos deban ser descritos de manera detallada para que sean reusables, modificables y manipulables (Lesh & Doerr, 2003). Los problemas se presentan a los estudiantes en forma de un artículo de revista o periódico que presenta el contexto de la vida real en el que se situará el problema. Una vez que se ha permitido que los estudiantes se familiaricen con el contexto, se introduce el problema en la forma de una solicitud de un cliente.

La forma en que se plantean estos problemas permite a los estudiantes resolverlos teniendo el objetivo en mente. Solucionar este tipo de problemas, requiere que los estudiantes desarrollen un entendimiento profundo del fenómeno utilizando una diversidad de herramientas conceptuales y físicas que capturan la forma en que se desarrollan sus ideas durante el proceso de solución.

Es importante notar que el diseño de ARP sigue principios establecidos que aseguran que la actividad esté situada en un contexto real, genere la construcción de modelos, permita que los estudiantes se auto-evalúen, documenten sus soluciones, y que los modelos generados sean reusables, se puedan compartir y que sean sencillos pero que contengan conceptos matemáticos significativos (para una descripción detallada de los principios de construcción de las ARP, ver Lesh, Hoover, Hole, Kelly & Post, 2000).

Las investigaciones realizadas alrededor del uso de ARP en la enseñanza de CITeM coinciden en que son una herramienta poderosa para la enseñanza, que permite a los estudiantes desarrollar y transformar ideas poderosas de CITeM (ej. Carmona & Greenstein, 2013; Self et al., 2008).

Hasta ahora el enfoque en el análisis del alcance que tienen las ARP en apoyar el aprendizaje, se ha centrado en las grandes ideas que los estudiantes desarrollan. Dado el enfoque actual de indagación impulsado por la Reforma Educativa, es importante investigar el alcance que tienen estas actividades en desarrollar las prácticas científicas de manera auténtica, es decir, de una forma más similar a la forma en la que se desarrollan a través de las indagaciones científicas.

En estas páginas se presentan los resultados de un estudio realizado para identificar el alcance que tiene la actividad reveladora de pensamiento *Carreritas* en desarrollar las prácticas científicas de manera auténtica.

## Método

### 1 Contexto y Participantes

El contexto de la ARP *Carreritas* (Lima y Carmona, 2015) es una competencia de descenso con autos de juguete. En esta carrera, los carros de juguetes se deslizan por rampas de un metro. Cada equipo debe determinar la inclinación de su rampa, la distancia de la base de la rampa a la meta de tal forma que el carrito cruce la meta a la mayor velocidad posible. Estos datos deben darse con precisión a un juez, quien replicará las condiciones determinadas por cada equipo para identificar la precisión de las mediciones y al ganador. El problema se ilustra en la Figura 1.1.

**Figura 1.1** Actividad Reveladora de Pensamiento: *Carreritas* (Lima y Carmona, 2015)

#### *Carreritas: El problema*

Daniel y Mariana están entusiasmados por su participación en la carrera el próximo año. Ellos ya tienen una rampa y diferentes carros de juguete.

¡Ayuda a Daniel y Mariana a prepararse para la carrera! El juez pedirá:

La combinación de distancia entre la base de la rampa y la meta, el ángulo de inclinación de la rampa y la velocidad a la que el carro cruzará la meta. Considera que la velocidad a la que el auto cruce la meta tendrá que ser mayor a la de los demás competidores para poder ganar.

Escribe una carta a Daniel y Mariana en la que les expliques el método para encontrar la combinación perfecta de la meta, inclinación de la rampa y velocidad del carro para poder ganar.

Los participantes fueron 21 maestros en servicio de nivel medio superior, quienes trabajaron en grupos pequeños para resolver la ARP ilustrada en la Figura 1.1 durante una sesión de 2 horas. Para la resolución del problema los participantes tenían a su alcance una diversidad de materiales, incluyendo, rampas, carros de juguete, sensores de movimiento, cronómetros, etc. Cada equipo eligió las herramientas con las que trabajaría para construir su modelo.

### 2 Recolección y análisis de datos

El propósito de este estudio fue el de investigar las prácticas científicas y los conceptos que emergen durante la solución de la ARP *Carreritas*, e identificar si las prácticas científicas emergentes son auténticas. Para ello, se recolectaron audio, video y observaciones de los diferentes equipos conforme resolvían la actividad. La respuesta de los equipos a la actividad queda plasmada de manera concreta en la carta en la que describen los datos requeridos por el juez. Las cartas desarrolladas por los distintos grupos también fueron recolectadas.

Para identificar y describir los conceptos y prácticas científicas desarrolladas por los participantes al resolver la actividad *Carreritas*, los datos recolectados se transcribieron y codificaron siguiendo dos aproximaciones (Lemke, 2012; Marshall & Rossman, 2011).

Las *ideas científicas* fueron codificadas de manera emergente usando un código descriptivo (Miles, Huberman & Saldaña, 2014). Se identificaron conjuntos coherentes que expresaran relaciones entre variables que permitieran explicar o predecir el comportamiento del carrito al deslizarse por la rampa. Estas ideas científicas son relaciones entre variables que establecieron los participantes para determinar la inclinación de la rampa, el punto de la trayectoria del carrito donde su velocidad sería máxima, y la velocidad que alcanzaría en ese punto. El enfoque del análisis son los sistemas coherentes de ideas que establecen las relaciones entre variables.

Las *prácticas científicas* fueron analizadas utilizando un código deductivo (Miles, Huberman & Saldaña, 2014). Esto es, un código basado en las prácticas científicas identificadas como distintivas de la indagación científica (NRC, 2012, p. 49):

1. *Hacer preguntas*
2. *Desarrollar y usar modelos*
3. *Planear e implementar investigaciones*
4. *Analizar e interpretar datos*
5. *Usar matemáticas y pensamiento computacional*
6. *Construir explicaciones*
7. *Participar en argumentación basada en evidencia*
8. *Obtener, evaluar, y comunicar información*

Este código fue la guía para identificar las prácticas científicas que contribuyeron a la resolución del problema.

## **Resultados y discusión**

### **1. Conocimiento científico**

La búsqueda central de los distintos equipos durante la resolución del problema fue identificar el punto de la trayectoria en la que el carrito alcanzaría su velocidad máxima al deslizarse por una rampa. Durante la resolución de la ARP, los participantes utilizaron un pequeño conjunto de variables y relaciones para construir sus modelos, incluyendo velocidad, aceleración, fricción, y el ángulo de la rampa.

Las respuestas mostraron tres modelos coherentes, en los que se relacionan conceptos y variables de distintas maneras. Es de notar que cada uno de los modelos incluye diferentes variables y número de relaciones. A continuación, se discuten los tres modelos desarrollados que describen el movimiento del carro de juguete a lo largo de la rampa:

*Modelo 1.* La velocidad final del carrito depende del ángulo de inclinación de la rampa. En este modelo se establece una relación proporcional entre la inclinación de la rampa y la velocidad final de carrito. De acuerdo con esta relación, a mayor inclinación de la rampa, el carrito alcanzará una velocidad mayor cuando deje la rampa. Esta relación fue central para la generación del modelo.

*Modelo 2.* El carrito alcanza una aceleración constante si la inclinación de la rampa es pequeña (menor a  $25^\circ$ ). A menor aceleración disminuye la fricción. La fricción disminuye la velocidad del carro. Esta relación entre la aceleración del carrito al bajar la rampa y la inclinación del carrito indica que la inclinación de la rampa determina la fricción entre el carro y la superficie.

En este modelo se utilizan tres relaciones diferentes. La primera relación es entre la inclinación de la rampa y el tipo de aceleración del carrito, en este caso el equipo identifica la aceleración del carro como constante cuando el ángulo de inclinación de la rampa no es grande o es menor a  $25^\circ$ . La segunda idea se refiere a una relación entre la fricción y la aceleración del carrito. La aceleración del carrito se identifica como un factor que aumenta o disminuye la fricción entre la rampa y el carrito, a mayor aceleración, mayor fricción. Por último, se relacionan la fricción y la velocidad, a mayor fricción se reduce la velocidad.

*Modelo 3.* Un aumento en el ángulo de inclinación de la rampa no implica aumento en la velocidad del carrito. De acuerdo con este modelo, los ángulos de inclinación preferidos para la rampa serían de  $45^\circ$ .

Los modelos descritos en respuesta a la ARP Carreritas reflejan el alcance de esta actividad de desarrollar el pensamiento científico de los participantes en el contexto de una indagación científica. Las ideas desarrolladas durante la actividad incluyen principalmente relaciones de proporcionalidad que describen el sistema y permiten predecir el comportamiento del carrito en el caso de realizarse algún cambio. Por ejemplo, a mayor inclinación de la rampa, mayor la velocidad final del carrito.

A diferencia de los modelos 1 y 3, el modelo 2 presenta una serie de ideas entrelazadas que expresan relaciones entre distintas variables que intervienen en el movimiento del carrito. Por ejemplo, inclinación de la rampa, aceleración del carrito y fricción. De esta forma, se observa el uso de ideas que los participantes posiblemente han construido con anterioridad, por ejemplo, la relación entre fricción y movimiento. Estas relaciones constituyen un modelo explicativo del movimiento del carrito con base en las fuerzas que afectan su movimiento a lo largo de la rampa.

En el modelo 3 se observa que uno de los aspectos que influyeron en su construcción, fue la funcionalidad de la rampa. En particular el hecho de que, si la rampa se inclina demasiado, el carro se desliza en lugar de rodar y se impacta contra el piso al llegar a la parte inferior de la rampa. Aunque teóricamente se podría asumir que a mayor inclinación de la rampa la velocidad que alcanza el carrito al llegar a la parte inferior es mayor, el modelo 3 incluye un límite en la inclinación de la rampa, lo que muestra la inclusión de aspectos que se han desarrollado a partir del modelo, y que de otra forma no serían observables. Las limitaciones en el ángulo son resultado directo de la experimentación con el modelo concreto. Estos aspectos influyeron en la selección de ángulos menores a  $45^\circ$  en los que el carrito pudiera rodar por la rampa en lugar de deslizarse, y que su trayectoria fuera continua una vez que salía de la rampa y empezaba a rodar por el piso. Este fue uno de los factores que pudo influir de manera importante en el ángulo de la rampa.

Identificar los factores limitantes de la rampa es parte importante de la generación de un modelo para explicar un fenómeno lo cual es una característica de la indagación auténtica.

## **2 Prácticas científicas**

Durante la resolución de la ARP Carreritas, los participantes construyeron un modelo concreto de la rampa, utilizaron carritos de juguete y sensores de movimiento para tomar medidas sobre la velocidad de los carritos en diferentes condiciones. Las prácticas científicas que surgieron para resolver la actividad se describen en los siguientes párrafos.

- (1) *Desarrollar y usar modelos.* Las ARP piden de manera explícita el desarrollo de un modelo que permita explicar un fenómeno. Los modelos que se presentaron en el apartado anterior muestran que generar un modelo es responder a la ARP. En este caso, los modelos generados expresan relaciones de proporcionalidad entre distintas variables, por ejemplo, a mayor inclinación mayor fricción entre la rampa y el carro. Aunque las relaciones no se expresaron de manera explícita los participantes lo hicieron de manera conceptual. Estos modelos permitían predecir lo que pasaría si se cumplían las condiciones de inclinación identificadas, pero en algunos casos se hicieron relaciones más generales que predecían lo que sucedería con el carrito si se aumentaba o disminuía la inclinación de la rampa.

De acuerdo con el Consejo Nacional de Investigación (NRC, 2012), la Ingeniería utiliza los modelos para identificar posibles fallas que puedan desarrollarse o soluciones a problemas. En este caso, se identificaron posibles retos en el uso de la rampa. Uno de ellos incluía que si la rampa estaba muy inclinada el carro se deslizaría en lugar de rodar y al salir de la rampa podría impactarse contra el piso.

- (2) *Planear y llevar a cabo investigaciones.* Durante la resolución de la ARP, los participantes identificaron las variables que querían medir y una manera consistente para hacerlo. Entre las variables seleccionadas estuvieron la velocidad del carrito, el tiempo que le llevaba llegar a la parte superior de la rampa, y el ángulo de inclinación de la rampa. Al inicio de la actividad los equipos hicieron pruebas “informales”. Esto es, hicieron pruebas para identificar el mejor diseño de la rampa, la forma en que debían armar el modelo concreto para tomar los datos, las inclinaciones que mejor funcionaban para que el carrito bajara sin deslizarse y sin impactarse contra el piso.

Una parte importante de la labor científica es la identificación de variables que soporten el diseño experimental. Además de su identificación es importante determinar su variación, los instrumentos para su medición y cuáles variables se van a controlar. Los participantes hicieron sentido de las mediciones que debían hacer, incluyendo la velocidad del carro y el ángulo de la rampa.

- (3) *Analizar e interpretar datos.* El uso del sensor de movimiento fue clave en el diseño, debido a que éste les permitía tener en tiempo real datos sobre la velocidad del carrito y el tiempo que le toma recorrer la rampa completa. Así, el uso de la herramienta permitió que los participantes se preguntaran sobre si el tiempo y la velocidad del carrito medidos con el sensor de movimiento eran los correctos, haciendo sentido de las mediciones con base en las observaciones. Por ejemplo, después de medir el tiempo que le toma al carrito deslizarse, uno de los equipos preguntó: “¿0.04 segundos es muy poquito no?” Este cuestionamiento denota que los participantes hicieron sentido de los datos obtenidos y verificaron sus mediciones.

Una vez que los equipos encontraron la inclinación que consideraron les podría dar la máxima velocidad del carrito al cruzar, realizaron una recolección de datos para asegurar que los datos generados fueran consistentes. “Nos tienen que salir lo mismo” expresó un equipo indicando que una vez que la inclinación de la rampa permaneciera constante, debían obtener las mismas medidas de velocidad para el carrito.

- (4) *Obtener, evaluar y comunicar información.* En el caso de las ARP, los participantes deben escribir una carta para comunicar sus resultados que podrán ser utilizados por “el cliente”, en este caso reproducidos por el juez para determinar al ganador. Así, comunicar información está implícito en la solución de la actividad. Sin embargo, los participantes deben identificar qué información deben comunicar. Las cartas escritas por los equipos incluyeron: (1) recomendaciones sobre el diseño de la rampa, (2) instrumentación y (3) relaciones entre variables.

La necesidad de que los resultados fueran replicables, que es una de las características de la investigación científica, permitió que los participantes generaran una descripción más detallada de la forma en la que se llevó a cabo la experimentación, incluyendo información que soporte los resultados obtenidos como la forma de medir y el modelo concreto utilizado para la experimentación.

Las recomendaciones sobre el diseño de la rampa incluyeron estabilidad, y el ángulo de inclinación a la que se debía colocar. La estabilidad se refiere a que la rampa esté fija al momento de realizar la competencia.

Los participantes notaron que la posición del sensor de movimiento podía influir en la medida que estaban tomando. Por ejemplo, uno de los equipos notó que, si el sensor se coloca a nivel del piso, estarían midiendo la velocidad del carrito en su trayectoria horizontal una vez que deja la rampa. En contraste, si se coloca a nivel de la rampa, estarían midiendo la velocidad del carrito durante su trayectoria sobre la rampa.

Por último, las relaciones entre las variables son parte del modelo explicativo del fenómeno y al mismo tiempo les permite predecir las variaciones que puede sufrir si se cambian algunas de las medidas dadas como el ángulo de inclinación de la rampa.

En los párrafos anteriores se describen los modelos conceptuales y las prácticas científicas que los participantes desarrollaron durante la solución de la ARP Carreritas. Al inicio de estas páginas se discutieron las diferencias establecidas por Chinn y Malhotra (2002) entre las indagaciones sencillas u auténticas, considerando que las indagaciones auténticas pueden apoyar el desarrollo de las prácticas científicas a la manera en la que lo hacen los científicos, en lugar de desarrollarlas de manera memorística al seguir pasos prescritos.

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que algunas de las prácticas científicas que emergieron durante la actividad pueden ser caracterizadas como prácticas de indagaciones auténticas. Las prácticas científicas que emergieron como parte de la resolución de la ARP que pueden ser caracterizadas como auténticas son: el uso de modelos concretos, selección y medición de variables, e instrumentación.

Chinn y Malhotra (2002) identifican el uso de modelos concretos como una característica distintiva de las indagaciones auténticas. Los modelos concretos desarrollados en respuesta a la ARP fueron similares a los descritos en el contexto de la actividad. Durante su construcción los participantes tuvieron que hacer sentido de la información incluida en el contexto. En particular dónde tendrían que colocar la meta. Esta es una característica de las indagaciones auténticas. Los modelos conceptuales identificados, que describen el movimiento del carrito por la rampa, pueden ser reutilizados y aplicados a otros sistemas de plano inclinado. Esto es un requisito de los modelos que se puedan generar a través de ARP (Lesh et al., 2000), por lo que el conocimiento generado a través de esta actividad es reusable.

Las investigaciones auténticas conectan diferentes fenómenos que siguen patrones similares, por lo que, generar un modelo que pueda explicar y predecir fenómenos similares puede ser considerado una característica de las investigaciones auténticas.

En cuanto al desarrollo y planeación de experimentos, la mayoría de las variables se mantienen constantes, por ejemplo, la superficie de las rampas, el tipo de carritos utilizados, etc. Los participantes eligieron medir distintas variables del carrito, como su aceleración y su velocidad. Algunos de los modelos también incluyen variables que pueden ser medibles pero que en ese momento no se midieron como la fricción. En particular, el modelo 2 relaciona más de cuatro variables con las que se provee una red más amplia de relaciones que dan explicación al fenómeno observado. Dada la libertad para identificar las variables que mejor respondan al requerimiento del cliente, así como para la planeación en la medición y la forma en la que las variables dependientes cambiarán a lo largo del experimento, se puede argumentar que la actividad se asemeja más en este aspecto a una indagación auténtica que a una indagación sencilla.

Los conceptos que emergen no son necesariamente alineados científicamente. Como se ha mostrado, al resolver ARP relacionadas con ciencia, pueden surgir diversas concepciones previas que no necesariamente son las aceptadas científicamente (ej. Self et al., 2008). Las implicaciones de esto en relación con las prácticas científicas, es que muestran una actividad que difiere de la tradicional actividad práctica la cual al seguir paso por paso nos permite llegar a una conclusión previamente establecida y científicamente aceptada. En el caso de esta ARP, la experiencia hace que los participantes expresen ideas que aún necesitan refinamiento e integración a un marco teórico más amplio para la formalización científica de los conceptos que emergieron durante el proceso de solución de la ARP.

## Conclusiones

Los conceptos y prácticas científicas que emergieron durante la implementación de la ARP *Carreritas* son evidencia de su alcance en apoyar el desarrollo de prácticas científicas auténticas que se consideran importantes para la construcción del conocimiento científico. El hecho de que algunas de las prácticas científicas que promueve la resolución de la actividad presentada en estas páginas sean auténticas, permite a los participantes involucrarse en el proceso de investigación de manera más profunda, al tomar decisiones sobre las variables, las mediciones que son importantes y la precisión de los resultados. De igual forma, ofrecen oportunidades para que quienes participan en la solución de esta actividad, construyan un modelo sobre el mundo natural que puede ser utilizado para interpretar otros fenómenos similares y profundizar en ideas de energía, fuerza y movimiento, las cuales se ha encontrado pueden representar un reto para los estudiantes debido a las concepciones previas con las que llegan al aula (Halloun & Hestenes, 1985).

El proceso de indagación que generó la resolución de la ARP reportada en estas páginas nos muestra la forma en la que el hacer ciencia se convierte en una forma de desarrollar el conocimiento científico por medio de la participación en prácticas científicas, tales como recolectar datos y diseñar experimentos. Sin embargo, el refinamiento de algunas de estas estas prácticas necesita ser apoyado por el profesor. Es necesario realizar más investigaciones alrededor de las formas en las que el maestro puede apoyar a los participantes durante las actividades a desarrollar algunas de las prácticas científicas como el registro de datos o el diseño experimental, cuidando de no crear procedimientos rutinarios.

## Agradecimiento

Esta investigación fue realizada con el apoyo del proyecto Campus Viviente in STEM Education en la Universidad de Texas en San Antonio.

## Referencias

Abd-El-Khalick, F., Boujaoude, S., Duschl, R., Lederman, N. G., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A., Niaz, M., Treagust, D., & Tuan, H. I. (2004). Inquiry in science education: International perspectives [Indagación en la Ciencia educativa: Perspectivas internacionales]. *Science Education*, 88(3), 397-419.

Berland, L. K., Schwarz, C. V., Krist, C., Kenyon, L., Lo, A. S., & Reiser, B. J. (2016). Epistemologies in practice: Making scientific practices meaningful for students [Epistemologías en práctica: Haciendo significativas las practicas científicas para los estudiantes]. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(7), 1082-1112.

Carmona, G., & Greenstein, S. (2013). Investigating the relationship between the problem and the solver: who decides what math gets used? [Investigando la relación entre el problema y el que lo resuelve: ¿quién decide qué matemáticas se usan?] En R. Lesh, P. Galbraith, C. Haines, & A. Hurford (Eds.), *Modeling Students' Mathematical Modeling Competencies* (pp. 245-254). Dordrecht: Springer.

Chinn, C. A., & Malhotra, B. A. (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: A theoretical framework for evaluating inquiry tasks [Indagaciones epistemológicamente auténticas en las escuelas: Un marco teórico para evaluar los problemas de indagación]. *Science Education*, 86(2), 175-218.

Halloun, I., & Hestenes, D. (1985). Common sense conceptions about motion [Concepciones sobre movimiento basadas en el sentido común]. *American Journal of Physics*, 53(11), 1056 - 1065.

Lima, C. & Carmona, G. (2015) *Carreritas* [Actividad Reveladora de Pensamiento].

Lemke, J. L. (2012). Analyzing verbal data: Principles, methods, and problems [Analizando datos verbales: Principios, métodos y problemas]. En B. Fraser, K. Tobin, & C. McRobbie, *Second international handbook of science education* (pp. 1471-1484). Dordrecht: Springer.

Lesh, R., & Doerr, H. M. (2003). Foundations of a models and modeling perspective on mathematics, teaching, learning, and problem solving [Fundamentos de una perspectiva de modelos y modelación en Matemáticas, Enseñanza, aprendizaje y resolución de problemas]. En R. Lesh & H. M. Doerr (Eds.), *Beyond constructivism: Models and modeling perspectives on mathematics problem solving* (pp. 3-33). Mahwah, NJ: Lawrence Earlbaum.

Lesh, R., Hoover, M., Hole, B., Kelly, A., & Post, T. (2000). Principles for Developing Thought-Revealing Activities for Students and Teachers [Principios para diseñar actividades reveladoras de pensamiento para estudiantes y maestros]. En A. Kelly. & R. Lesh (Eds.) *Handbook of Research Design in Mathematics and Science Education* (pp. 591-646). New Jersey: Lawrence Earlbaum.

Marshall, C., & Rossman, G. B. (2011). *Designing qualitative research* [Diseñando investigación cualitativa]. Thousand Oaks, CA: Sage.

Miles, M., Huberman, A., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: A Methods Sourcebook* [Análisis de datos cualitativos: Un libro de métodos]. Thousand Oaks, CA: Sage.

NRC. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8* [Llevando la ciencia a la escuela: Aprendiendo y enseñando ciencia en los grados K-8]. Washington, DC: The National Academies Press.

NRC. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting concepts, and Core ideas* [Un marco para la ciencia educativa en K-12: Prácticas, Conceptos transversales e ideas fundamentales]. Washington, DC: The National Academies Press.

Self, B. P., Miller, R. L., Kean, A., Moore, T. J., Ogletree, T., & Schreiber, F. (2008). *Important student misconceptions in mechanics and thermal science: Identification using model-eliciting activities* [Ideas previas importantes de los alumnos en mecánica y ciencias térmicas: Identificación usando actividades reveladoras de pensamiento]. Paper presented at the Frontiers in Education Conference, 2008. FIE 2008. 38th Annual.

SEP. (2017). *Modelo educativo para la educación obligatoria*. México.