



El aprendizaje bajo la metodología por indagación con un programa de análisis de video: El caso de Tracker

Kenneth Castillo-Rodríguez ^a, Carlos Arguedas-Matarrita ^b

^a Coordinador del Programa de Capacitación Permanente en Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad Estatal a Distancia (UNED), Costa Rica.

^b Laboratorio de Experimentación Remota, Universidad Estatal a Distancia (UNED), Costa Rica.

ARTICLE INFO

Received: 25 octubre 2019

Accepted: 30 enero 2020 2019

Available on-line: 01 mayo 2020

Keywords: Physics, Tracker, Inquiry-Based Learning

Palabras Claves: Física, Tracker, Aprendizaje por indagación

E-mail addresses:

kecastillo@uned.ac.cr.

carguedas@uned.ac.cr

ISSN 2007-9842

© 2019 Institute of Science Education.

All rights reserved

ABSTRACT

This paper presents the results of a workshop that is developed in order to promote experimental work in the subject of physics using the *Tracker* program to analyze the free fall of the bodies guided with the methodology by Inquiry-Based Learning. The workshop lasted 6 hours and was divided into three parts: a) theoretical-demonstrative explanation, b) Working groups and c) Communication of results. A total of 22 active secondary school teachers from the Alajuela region, Costa Rica attended. The same present in high satisfaction for the participants, this could be inferred from the comments on the organization and content developed. The skills and competencies that foster this highest agreement with teachers are: teamwork, reasoning and analysis, information capacity, creativity and experimentation; at the same time the students knew an educational resource that they can use in their classes, which does not require expensive equipment and encourages the active work of the students.

En este trabajo se presentan los resultados de un taller que se desarrolló con el fin de promover el trabajo experimental en la asignatura de física utilizando el programa *Tracker* para analizar la caída libre de los cuerpos guiados con la metodología por indagación. El taller tuvo una duración de 6 horas y se dividió en tres partes: a) explicación teórica-demonstrativa, b) Grupos de trabajo y c) comunicación de resultados. Al mismo asistieron un total de 22 docentes de secundaria activos de la región de Alajuela, Costa Rica. El mismo presentó una alta satisfacción por los participantes, esto se pudo inferir de los comentarios sobre la organización y contenido desarrollados. Las habilidades y competencias que fomenta este taller de acuerdo con los docentes son: trabajo en equipo, razonamiento y análisis, capacidad de indagar, creatividad y experimentación; a la vez los participantes conocieron un recurso educativo que pueden utilizar en sus clases, el cual no requiere de equipos costosos y fomenta el trabajo activo de los estudiantes.

I. INTRODUCCIÓN

Existe consenso entre los investigadores de educación en física sobre la importancia que tiene el trabajo experimental en la enseñanza de esta disciplina (Wilcox & Lewandowski, 2018; Holmes & Wieman, 2018) ya que promueve capacidades y competencias propias de la actividad científica, sin embargo la enseñanza de la física en la educación secundaria costarricense el componente experimental es muy bajo, ya que solo el 17% de las secundarias públicas cuentan con recintos de laboratorio (Estado de la Nación, 2011). Ante la falta de espacios para realizar trabajo experimental el docente puede recurrir a diferentes recursos como: laboratorios virtuales (López-Gamboa, Córdoba-Padilla, G & Córdoba-González, 2019), laboratorios remotos (Arias & Arguedas-Matarrita, 2018) y el análisis de video (Anissofira, Latief, Kholida & Sinaga, 2017).

Con el fin de fortalecer la enseñanza de las ciencias en la educación secundaria costarricense el Programa de Capacitación Permanente en Didáctica de las Ciencias Experimentales (PROCDICE) de la UNED ha venido desarrollando talleres en distintas zonas del país con docentes y estudiantes de enseñanza de las ciencias (Piedra, Vargas & Castillo-Rodríguez, 2016; Castillo-Rodríguez & González, 2017), en las que se muestran recursos y metodologías que promuevan aprendizajes significativos, en este artículo se presentan los resultados de un taller desarrollado por el PROCDICE en el que se aborda el trabajo experimental bajo la metodología por indagación mediante el uso del programa de análisis de video denominado *Tracker*.

Tracker es un programa gratuito de análisis de vídeo y construcción de modelos hecho en el ambiente Java del proyecto Open Source Physics, como recurso de enseñanza permite contextualizar el proceso educativo, incorporando elementos tecnológicos en el análisis de fenómenos físicos (Arguedas & Gómez, 2016), en el mismo se puede estudiar videos grabados por el docente o por los mismos estudiantes dentro o fuera del aula con su propio dispositivo móvil.

Este programa permite la realización de trabajo experimental en instituciones donde no se cuenta con recintos ni equipos de laboratorio específicos para la enseñanza de la física, teniendo en cuenta que los “experimentos, por sencillos que sean, permiten a los alumnos profundizar en el conocimiento de un fenómeno” (Carreras, Yuste & Sánchez, 2007, p.83), aspecto fundamental en el aprendizaje de esta disciplina, y tomando en cuenta que por diversos factores como la falta de equipos de laboratorio no se está realizando en la educación secundaria, este tipo de trabajo se puede promover con *Tracker* la realización de experimentos aprovechando que este programa permite obtener datos experimentales y diversas formas de representación necesarios en el aprendizaje de la física (Esteves, 2018).

El Ministerio de Educación Pública (MEP) apuesta por una transformación del currículo educativo que a partir del año 2018, en dicha transformación se visualiza en todos los Programas de Estudios de Ciencias Naturales la estrategia metodológica por indagación. Su objetivo es promover en los estudiantes una participación más activa en el proceso de aprendizaje de una ciencia contextualizada a la propia realidad de los mismos. Para cumplir con lo establecido en los programas, la mediación docente debe apoyarse en la metodología de aprendizaje antes mencionada por medio de cuatro componentes: focalización, exploración, reflexión-contrastación y aplicación (MEP, 2017). Según el VI Informe del Estado de la Educación costarricense, las nuevas propuestas educativas promovidas por el MEP:

...buscan promover una serie de competencias en los estudiantes que les permitan integrarse plenamente como ciudadanos del mundo actual. Entre ellas destacan las habilidades comunicativas, la indagación, el pensamiento crítico, la innovación, la apropiación de las TIC, el trabajo colaborativo y la responsabilidad social. (Estado de la Educación, 2017, p.211)

En este trabajo se presentan los resultados de un taller que se ofreció a docentes de ciencias en ejercicio, en el que se mostró la herramienta *Tracker* para promover el trabajo experimental del tema caída libre bajo la metodología por indagación.

I.1. Metodología por indagación

El aprendizaje por indagación o Inquiry-Based Learning (IBL) es una metodología de aprendizaje propuesta por John Dewey en los años treinta. Uno de los mayores precursores fue el profesor Georges Charpak, premio Nobel de Física en 1992, el cual implementó esta metodología en el año 1966 en la Academia de Ciencias en Francia. El IBL se basa en el aprendizaje principalmente “(...) a través de actividades que implican la realización de observaciones, la formulación de preguntas, la revisión de fuentes de información y evidencias experimentales, la planificación de investigaciones, la proposición de respuestas y explicaciones y la comunicación de resultados” (Meisel & otros, 2010, p.113) centrándose en los estudiantes, los cuales llevan su propio registro (cuaderno o bitácora) sobre las actividades realizadas.

En este enfoque el docente y el estudiante tienen diversas participaciones en cada uno de los procesos que comprende esta metodología. La Tabla I resume estos roles.

TABLA I. Roles de participación del docente y el estudiante.

<i>Procesos</i>	<i>Docente</i>	<i>Estudiante</i>
Focalización	<ul style="list-style-type: none"> Contextualiza la mediación pedagógica de acuerdo a los conocimientos previos del estudiantado. Facilita oportunidades al estudiantado, para plantear preguntas y expresar sus conocimientos previos. 	<ul style="list-style-type: none"> Comenta ideas previas. Realiza cuestionamientos e hipótesis.
Exploración	<ul style="list-style-type: none"> El docente guía el problema que se desea investigar, mediante el uso de materiales cotidianos, escenarios naturales, socioculturales y recursos tecnológicos. Propone una secuencia de actividades de aprendizaje. 	<ul style="list-style-type: none"> Obtiene evidencias y datos acerca del problema o desafío que desea investigar. Propone la forma de resolver el problema, si el docente así lo considera idóneo.
Reflexión y contrastación	<ul style="list-style-type: none"> Consultan diferentes fuentes de información de carácter científico, como libros, revistas, internet y especialistas o miembros de la comunidad conocedores del tema. 	
Aplicación	<ul style="list-style-type: none"> Elaboran diseños de investigación relacionados con los saberes establecidos en los Programas de Estudio. 	

Fuente: Arguedas et. al, 2018, p.3.

De acuerdo con el Programa de Estudios de Física de Educación Diversificada del MEP (2017), este asume la indagación como una estrategia que permite describir los procesos de enseñanza aprendizaje en la educación científica costarricense de la siguiente manera:

La metodología indagatoria es congruente con los principios pedagógicos del socio constructivismo, que visualizan el aprendizaje como un proceso continuo y progresivo, es decir, se concibe como un acto social inacabado y en constante evolución, que considera las vivencias, los sentimientos y los conocimientos previos de quienes aprenden y toma en cuenta aquello que es capaz de hacer la persona por sí misma y lo que sería capaz de hacer con la ayuda de los demás, para actuar en su realidad inmediata. (MEP, 2017, p. 17).

Algunos principios en los que se basa esta metodología, inferidos del programa de estudios MEP (2017) y Uzcátegui & Betancourt (2013) se mencionan a continuación:

- El desarrollo del pensamiento crítico es promovido y dirigido por la reflexión y la argumentación de evidencias científicas.
- El trabajo en equipo mediante la colaboración fundamental para lograr acuerdos de las mejores explicaciones, articulando los esfuerzos propios con los de los demás.
- Las habilidades comunicativas y matemáticas se vuelven esenciales para que el estudiantado desarrolle la apropiación progresiva de habilidades y conocimientos propios del quehacer científico.
- Conformación de comunidades virtuales para acceder y compartir los conocimientos científicos, por medio de tecnologías digitales de la información y la comunicación (TIC).

El plan de estudios de física MEP (2017) aborda el ciclo de mediación basada en la indagación con un papel activo del estudiante, el proceso propuesto es de la siguiente manera: la **focalización** como primer paso, en el cual se piensa en un problema o desafío personal o comunitario, se indican los conocimientos previos y se plantea la pregunta.

Se realizan observaciones, trabajos de campo, experimentos y se registran los resultados, como parte de la *exploración* del tema. Analizan y reflexionan la relación entre sus ideas iniciales, predicciones o hipótesis y las *contrastan* con los resultados obtenidos y la información considerada válida en el ámbito científico, para su posterior *aplicación* en situaciones de interés personal o comunitario. Este proceso fomenta el desarrollo de habilidades de pensamiento sistémico, la resolución de problemas, el uso de tecnologías digitales, así como la responsabilidad personal y social del estudiantado (Uzcátegui & Betancourt, 2013). Para conocer roles de los involucrados del proceso indagatorio ver Tabla I.

II. METODOLOGÍA

Se realizó un taller teórico-práctico sobre la metodología indagatoria enfocado al movimiento de los cuerpos (caso particular de la caída libre), para utilizar en el aula de secundaria, a través de un programa gratuito llamado *Tracker* Video Analysis. La población fue de 22 docentes activos del Ministerio de Educación Pública (MEP), de la Dirección Regional de Alajuela. Este tuvo una duración de 6 horas y la escogencia de los participantes fue intencionada, ya que el asesor regional convocó, y asistieron solo los interesados.

El taller está dividido en tres partes: a) *explicación teórica-demostrativa* sobre los conceptos y características del movimiento de los cuerpos, en específico la caída libre. Aquí se introdujo el tema con una pregunta indagatoria: *¿Cómo se puede determinar la velocidad, aceleración, tiempo del movimiento de los cuerpos en caída libre, a través del uso de algún software de análisis de videos?* b) *Grupos de trabajo*, los participantes realizaron grupos de 4 personas para empezar a responder dicha pregunta, mediante el análisis de videos que ellos mismos. c) *comunicación de resultados*, los participantes tenían que elaborar una exposición sobre la forma en abordaron y resolvieron la pregunta, las conclusiones a las que llegaron usando *Tracker* y un ejemplo práctico de cómo utilizarlo en sus salones de clase. Dentro de estas tres secciones se incluyó el proceso de indagación, que se detalla a continuación.

II.1 parte de la Indagación: focalización

Para la exposición inicial, se desarrolló una presentación en *Power Point*® donde se explicó de manera general las características del movimiento en caída libre de los cuerpos: tiempo total del recorrido del balón, posición y velocidad del balón después de “x” tiempo transcurrido y la afectación de la gravedad (9,80 m/s²) en la aceleración del balón en la componente “y” del movimiento de caída libre y la obtención experimental del valor de gravedad. En la Tabla II se expresan las ecuaciones de caída libre donde se incluye el efecto de la gravedad (g) y la relación con las ecuaciones del movimiento rectilíneo con aceleración constante (Young & Freedman, 2013; Gutiérrez, 2009).

TABLA II. Ecuaciones del movimiento rectilíneo con aceleración constante.

<i>Ecuaciones del movimiento rectilíneo con aceleración constante en el eje x</i>	<i>Ecuaciones de la caída libre</i>
$x = V_{0x} t + \frac{1}{2} a t^2$	$y = V_{0y} t + \frac{1}{2} g t^2$
$V_x = V_{0x} + a t$	$V_y = V_{0y} + g t$
$V_x^2 = V_{0x}^2 + 2 a x$	$V_y^2 = V_{0y}^2 + 2 g y$
$x = \left(\frac{V_x + V_{0x}}{2} \right) \cdot t$	$y = \left(\frac{V_y + V_{0y}}{2} \right) \cdot t$

Esto sirvió de repaso para los docentes, pues se necesitaba que tuvieran recientes los conocimientos para poder interpretar los gráficos y análisis de movimientos que ellos mismos realizaban. La focalización del tema consistió en

¿Determinar las características del movimiento de una pelota de futbol o de tenis cuando se someten al movimiento de caída libre, usando un programa de análisis de videos?

II.2 parte de la Indagación: exploración

Luego a la focalización, en la exploración los sub-grupos de 4, realizaron varias actividades: a) instalar el programa análisis de videos con *Tracker* en sus computadoras portátiles, b) realizar un video de una caída libre de un balón de futbol o tenis, utilizando la cámara de sus celulares junto a una medida de referencia, c) cargar el video en el programa y empezar a referenciarlo y darle los ejes adecuados para poder analizar el movimiento, d) construir la trayectoria adecuada al movimiento que se observa en el video. Se les consulto a los docentes de manera oral, que, si tenían conocimientos previos en la utilización de programas de análisis de videos en sus aulas, y ninguno había utilizado este tipo de técnica en sus salones de clases.

II.3 parte de la Indagación: contrastación

Para la contrastación, dentro de cada sub-grupo se distribuyeron actividades para que fuera eficiente el trabajo por medio de la colaboración. Aquí cada grupo se ordenó de la siguiente manera: dos personas realizaban varios videos con la bola de futbol y un eje de referencia, las otras dos navegaban por el programa y buscaban videos en YouTube de cómo usar el programa *Tracker* y cuales botones eran los más atinentes para: referenciar el video en el programa; realizar graficas de distancia vs tiempo y velocidad vs tiempo y líneas o curvas de mejor ajustes en las gráficas.

La Figura 1 muestra una captura de pantalla de un video que se usó para mostrar a los participantes el uso del programa, se explicó la forma de subir un video, cortarlo, agregar varas de calibración, crear vara de calibración, definir el marco de coordenadas, marcar trayectorias y el análisis de gráficas para obtener de forma experimental el valor de la aceleración de la gravedad.

Utilizando los datos experimentales obtenidos al analizar el video con *Tracker*, se podreció a calcular el valor experimental de “g” y el correspondiente porcentaje de error en dicho cálculo. Con la ecuación 1, de la Tabla II se despeja en términos de g, de la siguiente manera:

$$y = V_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \quad (1)$$

$$g = \frac{2y}{t^2} \quad (2)$$

Debido a que la velocidad inicial del balón es cero, se elimina el primer término de la ecuación 1, al realizar el correspondiente despeje para determinar “g” se obtiene la expresión que se muestra en la ecuación 2. Para este caso, la altura de la que se dejó caer el balón se fijó en 1,45 m (y) y el tiempo que el programa brinda para la caída del balón fue de 0,53 s (t), por lo que al sustituir la ecuación (2), se obtiene el siguiente valor de g:

$$g = \frac{2(1,45m)}{(0,53s)^2} = 10,32 \frac{m}{s^2} \quad (3)$$

Tomado como valor constante 9.80 m/s², se calculó el porcentaje de error del valor de “g” experimental con la ecuación 4

$$\%E = \frac{\text{Valor Experimental} - \text{Valor Teorico}}{\text{Valor Teorico}} \quad (4)$$

Al sustituir los valores da como resultado 5,31% de error con respecto al dato experimental de la gravedad

$$\%E = \frac{10,32 \frac{m}{s^2} - 9,80 \frac{m}{s^2}}{9,80 \frac{m}{s^2}} = 5,31\% \quad (5)$$

Este es el porcentaje de error para la situación analizada en la Figura 1, que fue el video utilizado en el taller para explicar el procedimiento a seguir para trabajar con *Tracker*.

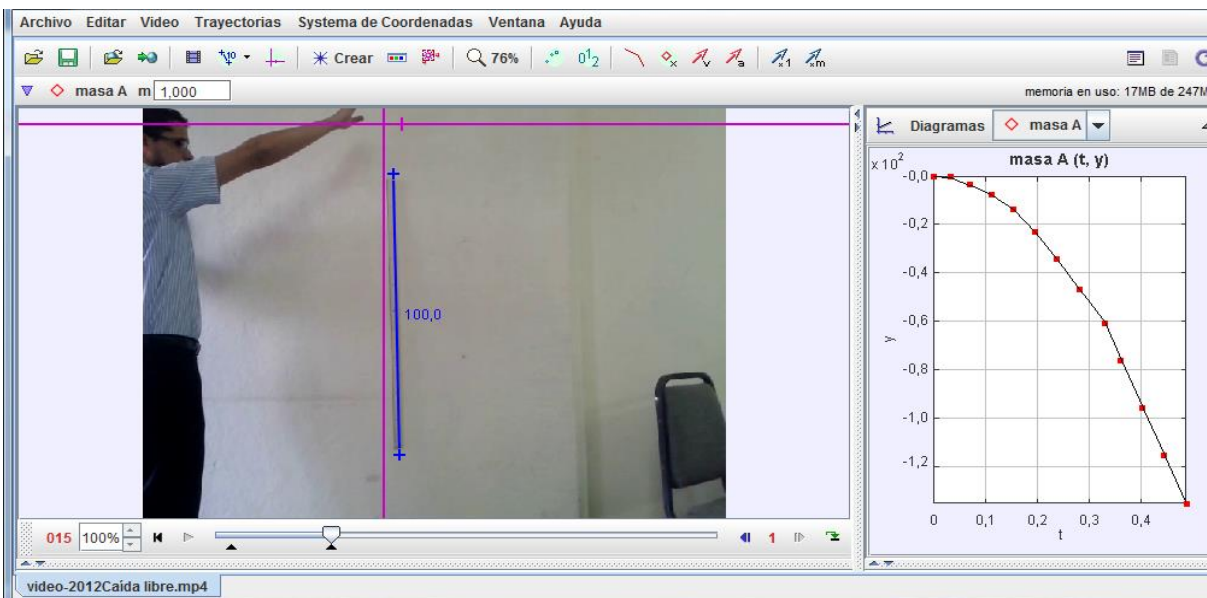


Figura 1. Captura de pantalla de un video analizado en *Tracker*.

II.4 parte de la indagación: Aplicación

En la última parte, los docentes realizar una exposición corta por sub-grupos (10 min como máximo) para que comentaran la experiencia vivida con el programa *Tracker* y realizaran las conclusiones a las que habían llegado respondiendo a la pregunta de la focalización. La técnica que se utilizó para esta actividad didáctica fue la del papelógrafo (Seas, 2015). Dentro de los comentarios tenían que mencionar cómo incluir esta técnica dentro de su quehacer de clase.

II.5. Descripción del instrumento

Al finalizar el taller se aplicó una encuesta con nueve preguntas divididas de la siguiente manera: las tres primeras preguntas de datos generales (sexo, años laborados y condición laboral), la pregunta cuatro una evaluación general del proceso del taller con 17 ítem cerrados bajo escala de Likert (Hernández, Fernández & Baptista, 2008) aquí se preguntó sobre la apreciación del especialista, la organización del taller y el contenido del mismo. Las preguntas de la cinco a la nueve fueron de respuesta abierta, aquí se consultó sobre: a) habilidades y competencias que promueve el taller, b) conocimientos científico-didácticos que se pueden aplicar después de recibir el taller, c) de acuerdo con la experiencia vivida se tenía que definir el significado de indagación, d) retos de aula de la metodología indagatoria aplicados al tema de movimiento y e) tipos de TIC que aplican ellos en el aula.

III. RESULTADOS

En el taller participaron un total de 22 docentes de ciencias naturales que laboran instituciones de educación secundaria del MEP, la mayoría en condición de propiedad ($n = 15$). De ellos un 72,7% ($n=16$) son de género femenino, y 27,3% ($n=6$) del género masculino. Con relación a los años de trabajo en docencia se obtuvo que el 50% de los docentes se encuentra entre los 9 y los 20 años, con una mediana de 14,5 años, siendo la amplitud del I cuartil mayor al IV cuartil, donde el valor mínimo es de un año y el valor máximo es de 25 años de servicio, como se muestra en la Figura 2.

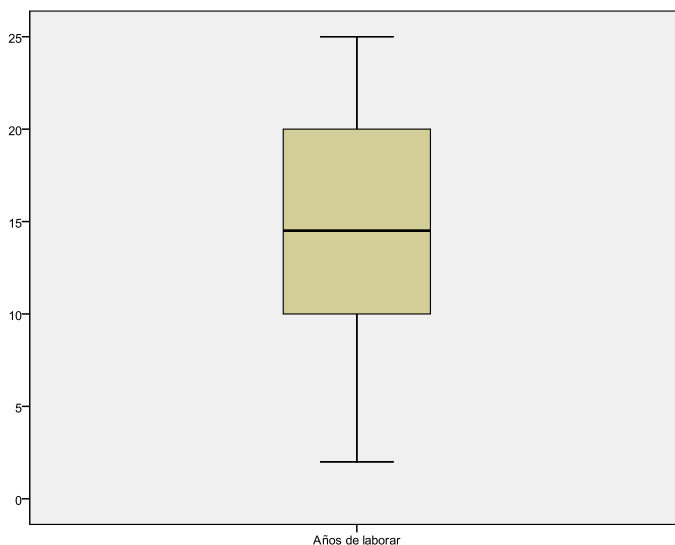


FIGURA 2. Años de laborar en educación en ciencias.

En la Tabla III, IV, y V se presentan los resultados de la encuesta de opinión, expresados a partir de una escala Likert de 1-5, donde 1 indica Totalmente en desacuerdo y 5 Totalmente de acuerdo, agrupados de la siguiente manera: evaluación del facilitador, organización y contenido del taller.

TABLA III. Valores promedios para de las afirmaciones sobre la evaluación del facilitador del taller.

<i>Pregunta</i>	<i>Media</i>
A. Despertó y mantuvo su interés como participante	4,54
B. Presentó las actividades generales y explicó los objetivos a lograr	4,73
C. Ayudó a la comprensión del tema tratado con ejemplos, analogías y anécdotas	4,73
D. Logró la participación activa del grupo	4,73
E. La información proporcionada fue clara, completa, correcta y actualizada	4,73
F. Mostró dominio del tema tratado	4,73
G. Logró retroalimentar y responder las dudas y consultas oportunamente	4,73

Los participantes indican que el facilitador realizó un excelente trabajo, hay una gran satisfacción en la mediación del mismo, siendo el promedio más bajo el referente a que si mantuvo el interés (4,54) que es un valor muy alto, los demás afirmaciones B-G tienen un promedio cercado al valor máximo (4,73), lo que evidencia un alto grado de satisfacción en los participantes.

En relación a la organización del taller (Tabla IV), la valoración más baja se presentó en el aspecto J, relacionado con el tiempo de realización de la actividad con 3,68. Este es un aspecto que se tendrá en cuenta para futuras capacitaciones de esta naturaleza, ya que no solo se deben repasar aspectos teóricos de física, si no que se debe explicar el uso de un recurso de aprendizaje y posteriormente realizar la actividad experimental, por lo que tiempo se vuelve insuficiente para realizar un abordaje integral. Esto coincide con los resultados de los puntos M-P (Tabla V) relacionadas con el tiempo para adquirir las destrezas necesarias para utilizar el programa *Tracker*.

TABLA IV. Valores promedios sobre la organización del taller.

<i>Pregunta</i>	<i>Media</i>
H. Las condiciones del equipo e instalaciones para impartir el taller fueron las adecuadas	4,60
I. El tiempo de duración del taller para cubrir la temática fue adecuado	3,68
J. La logística organizativa del taller fue la más adecuada	4,82

TABLA V. Valores promedios sobre contenido del taller.

<i>Pregunta</i>	<i>Media</i>
K. El tema de caída libre es atinente y aplicable en su quehacer profesional	4,73
L. El proceso de indagación propuesto para abordar el tema responde a sus intereses y llenaron sus expectativas	4,68
M. Considera que adquirió los conocimientos y habilidades necesarios para la utilización del programa <i>Tracker</i> en sus clases	3,68
N. El tema desarrollado en el taller presentó el grado de profundidad adecuado para su comprensión a nivel de secundaria	4,32
O. El programa <i>Tracker</i> es apropiado para promover el aprendizaje bajo la metodología por indagación en el tema de caída libre	4,00
P. Es factible desarrollar experiencias experimentales en periodos cortos de tiempo (15 min) con el fin de desarrollar la metodología indagatoria en 2 lecciones.	3,68
Q. Se puede desarrollar el tema de movimiento bajo la metodología indagatoria utilizando tecnologías emergentes.	4,36

Con respecto a las habilidades y competencias fomentadas este taller, se encontró que las respuestas brindadas por los docentes estuvieron inmersas en las cuatro dimensiones del perfil del estudiantado, esto de acuerdo al programa de estudios de Física del MEP (2017). En la Tabla VI, se citan las respuestas que más fueron mencionadas por los profesores. Las habilidades y competencias que fomenta este taller didáctico sobre movimiento de caída libre usando *Tracker*, según los participantes fueron: trabajo en equipo, razonamiento y análisis, capacidad de indagar, creatividad y experimentación.

TABLA VI. Habilidades y competencias, que según los docentes del MEP, fomenta el taller brindado.

Dimensiones del programa de estudios de Física del MEP	Habilidad y Competencia	Frecuencia de docentes
Maneras de pensar	Razonamiento y análisis	9
	Uso de programas	4
	Conocimientos	5
	Creatividad	6
	Experimentación	6
	Capacidad de indagar	7
Nuevas formas de vivir el mundo	Mejora la toma de decisiones	5
	Autoevaluación	4
	Motivación	3
Formas de relacionarse con otros	Trabajo grupal	13
	Trabajo cooperativo	4
Herramientas para integrarse al mundo	Desarrollo de TIC	2

En el instrumento se consultó sobre los conocimientos científico-didácticos que pueden aplicar los profesores de secundaria en sus aulas, después de haber recibido este taller, y las razones que brindaron los mismos fueron: a) 11 participantes citaron: “*aplicar actividades de indagación sobre caída libre y movimiento que no conlleven gastos*”

económicos y comprender las cuatro fases del proceso". b) 5 participantes mencionaron: *"utilizar recursos tecnológicos en la aplicación de situaciones cotidianas y relacionarlo con modelos físicos avanzados"*. c) 3 partícipes citaron: *"el fomento del trabajo en equipo y colaborativo, creatividad, innovación"* y d) 3 partícipes mencionaron: *"el tema del movimiento en varias dimensiones, práctica de velocidad, distancia y tiempo"*.

Una alternativa que trae esta metodología indagatoria es que el docente tiene que variar la clase tradicional, y para esto tiene que dejar atrás el miedo al cambio (Status Quo), por lo que debe asimilar las nuevas técnicas didácticas, el nuevo rol docente-alumno, incentivar el trabajo en equipo y colaborativo, realizar estrategias de seguimiento y autoevaluación, entender el propósito y metodologías de la bitácora de ciencias y comenzar a preocuparse por conocer el quehacer científico y los avances tecnológicos (Uzcátegui & Betancourt, 2013). Las respuestas sobre los conocimientos-didácticos brindadas por los participantes siguen esta línea de hacer el cambio desde las aulas de secundaria y es un claro ejemplo que los docentes lo saben y están capacitándose para mejorar su mediación docente.

Se consultó a los participantes sobre lo que ellos entendían por indagación, y las respuestas estuvieron dirigidas por dos tendencias, pensar la indagación como sinónimo de investigación y método científico; o pensar en la indagación como proceso de construcción de conocimiento en el aula, en la Tabla VII se denota la cantidad de profesores por cada opción. La justificación para considerar la indagación como sinónimo de investigación y de método científico se hace con base a frases que los mismos docentes dieron como: *"Aplicación del método científico cotidiano y sencillo"*, *"es la investigación previa a una clase, es la forma de saber que los estudiantes cuentan con el conocimiento"*, *"Es un método de enseñanza en el cual se prioriza las habilidades por encima del contenido, basado en el método científico"*, *"Explorar mediante preguntas investigativas"* y *"Son preguntas guiadas para llegar a un conocimiento, por medio de la curiosidad"*.

Para considerar la indagación como proceso de construcción de conocimiento en el aula, se justifica con frases de docentes como: *"Proceso mediante el cual los estudiantes no reciben solo contenido, sino que construyen y crean su propio conocimiento a partir de conocimientos previos, los explora y luego los contrasta"*, *"Proceso del quehacer en el aula donde se debe tener en cuenta el conocimiento previo del estudiante y concretar el nuevo saber por medio de la exploración y la contrastación, según la aplicación que se le da"*, *"Una serie de etapas o procesos en donde el estudiante parte de ideas preconcebidas, en donde debe explorar, contrastar con los demás y con su profesor para luego poder aplicarlas en su vida diaria"*, *"Proceso por medio del cual el estudiante vivencia el conocimiento a partir de la experiencia llevada a cabo"*, *"Construcción de conocimiento a partir de experiencias vividas, reforzando con consultas bibliográficas"* y *"Conocimientos previos más adaptado a la parte vivencial de los jóvenes, que sepan expresar lo que ellos conocen"*.

TABLA VII. ¿Qué es indagación?, según la opinión de los docentes que participaron del taller.

Significado de indagación	Cantidad de docentes
<i>a) Sinónimo de investigación y método científico</i>	10
<i>b) Proceso de construcción de conocimiento en el aula</i>	12

La metodología indagatoria busca aprendizajes significativos en el desarrollo cognitivo del estudiantado. Con la finalidad de desafiar procesos donde el aprender a aprender, sean la gran consigna, se plantean situaciones de aprendizaje constructivista en la medida en que a los estudiantes se les brinde el espacio de aprender haciendo, se les entrene para reflexionar sobre sus propios aprendizajes y puedan integrar en sus análisis una serie de elementos que le faciliten luego recordar y evocar esos conocimientos (Avilés, 2011). Además, desde esta metodología de enseñanza, el estudiante desarrolla habilidades y competencias para una nueva ciudadanía, a medida que va profundizando conocimientos en las diferentes dimensiones (Tabla VI) que plantea el plan de estudios de física a nivel de Educación Diversificada (MEP, 2017). La mayoría de profesores de secundaria sabe que la indagación es un proceso de construcción de conocimiento en el aula y esto lo tiene que enseñar con las mejores bases de investigación.

Por otro lado, el instrumento aplicado arrojó que el tema de movimiento en caída libre usando *Tracker* a través de la indagación, posee varios retos para su enseñanza, sí fuera llevado a las aulas de secundaria. En la Tabla VIII, están las respuestas más frecuentes que brindaron los docentes ante el reto de llevar los conocimientos aprendidos en el taller, al salón de clases del sus colegio. “*El tiempo para ejecutar las actividades y contenidos*”, “*dominio de programas y equipo de computación*” junto con “*el uso de la TIC*” son los tres retos más sobresalientes que tienen el profesor de ciencias para implementar este taller en su quehacer.

TABLA VIII. Retos para la enseñanza del tema de movimiento en caída libre al usar *Tracker*, aplicando la metodología indagatoria, según la opinión de docentes.

<i>Retos para la enseñanza del movimiento en las aulas de secundaria</i>	<i>Frecuencia</i>
Interés de los estudiantes	2
Tiempo para ejecutar las actividades y contenido	5
Incorporación de tecnologías para abarcar temas	2
Recursos	3
Que el estudiante analice todo lo que sucede en su entorno, como se realizan los diferentes tipos de movimiento	2
Dominio de programas y equipo de computación	5
Usar TIC	4

Las TIC se vuelven recursos importantes para la implementación de la metodología indagatoria en las aulas, debido a que la utilización de las mismas permiten el compartir conocimientos científicos y la conformación de comunidades virtuales de aprendizaje (MEP, 2017). La última pregunta del instrumento fue sobre cuales TIC aplican los profesores de secundaria en el aula, para enseñar el tema de movimiento, las repuestas fueron: los videos (n=7), Apps (n=5), simuladores (n=3) y laboratorios virtuales (n=1) fueron los más citados por ellos; y seis docentes no respondieron.

Al finalizar el proceso indagatorio con la exposición de los docentes, éstos citaron de manera oral ejemplos para realizar este taller en el aula y estos fueron algunos comentarios: a) “*realizar el experimento conjunto con el profesor de informática para que éste oriente de una mejor manera el uso de la computadora e instalación de software que a veces se le dificulta al estudiantado*”. b) “*enseñar previamente a los estudiantes el uso de la cámara de celular y su correcta filmación de videos para su posterior análisis*”. c) “*realizar el experimento cuando se tengan varias lecciones juntas con el mismo grupo por el tiempo*”, d) “*realizar las actividades del experimento en grupos y que estos trabajen colaborativamente*”, e) “*con motivación se insta al estudiante para que realice el video del movimiento con su celular, luego se le explica como descargarlo en la computadora, con el programa instalado en las computadoras del laboratorio de computación del colegio, se empieza a analizar las variables solicitadas. Para esto habría que tener una guía ya montada de los pasos para calibrar y colocar las escalas en el programa Tracker para que el proceso de indagación sea más rápido*” y f) “*este programa Tracker se puede utilizar en el tema de movimiento y sus tipos, vectores y análisis de gráficas*”.

IV. CONCLUSIONES

El programa *Tracker* es una alternativa para contextualizar los procesos educativos, propiciando la participación directa de los propios estudiantes, los cuales pueden grabar las propias situaciones de aprendizaje que se pueden analizar con este programa y así lograr aprendizajes más significativos para ellos pues se convierten en actores directos de los procesos educativos, es decir que puedan aprender haciendo tal y como lo promueve la metodología adoptada por el MEP de Costa Rica.

En este taller de movimiento en caída libre usando *Tracker* mediante la indagación, tuvo gran satisfacción por parte de los docentes del MEP, esto se puede inferir de los comentarios de los participantes (Tabla III), organización (Tabla IV) y contenido (Tabla V) del taller estuvieron muy bien. Las habilidades y competencias (Tabla VI) que ellos

mismos mencionaron que fomenta este taller son: trabajo en equipo, razonamiento y análisis, capacidad de indagar, creatividad y experimentación.

Los conocimientos científico-didácticos (Tabla VII) que los profesores pueden realizar en sus aulas aplicando este taller, tuvo cuatro orientaciones: a) *“aplicar actividades de indagación sobre caída libre y movimiento que no conlleven gastos económicos y comprender las cuatro fases del proceso”*, b) *“utilizar recursos tecnológicos en la aplicación de situaciones cotidianas y relacionarlo con modelos físicos avanzados”*, c) *“el fomento del trabajo en equipo y colaborativo, creatividad, innovación”* y d) *“movimiento en varias dimensiones, práctica de velocidad, distancia y tiempo”*.

El concepto de indagación tuvo dos respuestas marcadas, según la opinión de los docentes. Por un lado 10 de ellos, consideran la indagación como sinónimo de investigación y método científico, por otro lado 12 profesores consideran que la indagación es un proceso de construcción que se debe realizar en el aula. Estas dos respuestas son complementarias, pues la indagación es un sinónimo de la palabra investigación, pero la manera de realizar la indagación es a través de la práctica que es un proceso de aprender a aprender, con situaciones de aprendizaje constructivas, a través de espacios de aprender haciendo, con entrenamientos de reflexión de sus propios aprendizajes, esto para la integración de elementos que faciliten el recordar y evocar conocimientos. Lo cual se vuelve un proceso constructivo de aula.

Aplicar este taller en las aulas de secundaria, tendría tres retos en su enseñanza, de acuerdo con los profesores, los cuales son: *“El tiempo para ejecutar las actividades y contenidos”*, *“dominio de programas y equipo de computación”* junto con *“el uso de la TIC”*. La TIC más común que aplican los docentes del MEP de la regional de Alajuela son: los videos (n=7), Apps (n=5) y simuladores (n=3).

Algunos ejemplos para poder realizar este taller en las aulas de secundaria, de acuerdo con los docentes del MEP son: a) *“realizar el experimento conjunto con el profesor de informática para que éste oriente de una mejor manera el uso de la computadora e instalación de software que a veces se le dificulta al estudiantado”*. b) *“enseñar previamente a los estudiantes el uso de la cámara de celular y su correcta filmación de videos para su posterior análisis”*. c) *“realizar el experimento cuando se tengan varias lecciones juntas con el mismo grupo por el tiempo”*, d) *“realizar las actividades del experimento en grupos y que estos trabajen colaborativamente”*, e) *“con motivación se insta al estudiante para que realice el video del movimiento con su celular, luego se le explica como descargarlo en la computadora, con el programa instalado en las computadoras del laboratorio de computación del colegio, se empieza a analizar las variables solicitadas. Para esto habría que tener una guía ya montada de los pasos para calibrar y colocar las escalas en el programa Tracker para que el proceso de indagación sea más rápido”* y f) *“este programa Tracker se puede utilizar en el tema de movimiento y sus tipos, vectores y análisis de gráficas”*.

Se recomienda a las universidades que forman a los nuevos docentes de ciencias, que incorporen los currículos de estudio, la metodología por indagación para formar docentes acordes a las necesidades actuales. Al MEP se recomienda capacitar con más frecuencia a su personal docente con indagación y que se actualicen con las tendencias actuales de la TIC.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Regional de Educación de Alajuela del Ministerio de Educación Pública por la ayuda en la convocatoria para la asistencia de docentes activos. Se agradece al COLYPRO, por ser un aliado estratégico para eventos académicos con docentes de secundaria.

REFERENCIAS

Arguedas, C. & Gómez, A. (2016). Recursos tecnológicos utilizados para la enseñanza de las Ciencias Naturales en Educación Secundaria. *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 7(13), 56-69. Recuperado en: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/vesc/article/viewFile/16206/16083>.

Arguedas-Matarrita, C., Concari, S. B., Gómez-Jiménez, A., Marchisio, S., Alves, G. R., García-Zubía, J., & Hernández-Jayo, U. (2018). El aprendizaje por indagación del tema circuitos eléctricos en la escuela secundaria utilizando el Laboratorio Remoto VISIR. En *IV Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales (REDLAD)*.

Arias Navarro, E. & Arguedas-Matarrita, C. (2018). Fortaleciendo la enseñanza de la física en un Colegio Científico Costarricense mediante el uso del Laboratorio Remoto VISIR. *Virtualidad, Educación y Ciencia*, 16 (9), 131-141.

Avilés, G. (2011). La metodología indagatoria: una mirada hacia el aprendizaje significativo desde “Charpack y Vygotsky”. *InterSedes*, 12(23), 133-144.

Carreras, C. Yuste, M., & Sánchez, J. P. (2007). La importancia del trabajo experimental en física: un ejemplo para distintos niveles de enseñanza. *Rev. Cubana de Física*, 24(1), 80-83.

Castillo-Rodríguez, K. & González, W. (2017). ¿Cómo explicar tipos de reacciones químicas en disolución acuosa con materiales de fácil adquisición, en educación secundaria costarricense? *Rev. Lat. Am. J. Sci. Educ.* 4, 22059. Recuperado de http://www.lajse.org/nov17/22059_Castillo_2017.pdf.

Esteves, J. (2018). Um curso de Mecânica com o uso do programa de videoanálise Tracker. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 35(3), 980-1003.

Gutiérrez, C. (2009). Física General. Ciudad de México: McGraw-Hill/Interamericana Editores.

Hernández, R., Fernández – Collado, C. & Batista, P. (2008). Metodología de la Investigación. Ciudad de México: McGraw Hill Interamericana Editores.

Holmes, N. G., & Wieman, C. E. (2018). Introductory physics labs: WE CAN DO. *Physics Today*, 71, 1-38.

López-Gamboa, M., Córdoba-Padilla, G., & Córdoba-González, C. (2019) Realidad Aumentada por medio de HP Reveal en la enseñanza de la Física a nivel de educación secundaria. En: I Congreso Internacional de Ciencias Exactas y Naturales, San José, Costa Rica.

Ministerio de Educación Pública (MEP). (2017). Programa de Estudios de Física, Educación Diversificada. San Jose, Costa Rica.

Piedra Marín, G., Vargas González, X. & Castillo-Rodríguez, K. (2016). Utilización de Microsoft Excel en un taller de orbitales atómicos con docentes de ciencias exactas y naturales. *Rev. Innovaciones Educativas* 24, 5-18.

Programa Estado de la Nación. (2017). Sexto Informe Estado de la Educación. San José, Costa Rica: Programa Estado de la Nación. Recuperado de <http://www.estadonacion.or.cr/educacion2017/informe-para-descarga.html>.

Seas, J. (2015). Didáctica General I. San José: EUNED.

Uzcátegui, Y. & Betancourt, C. (2013). La metodología indagatoria en la enseñanza de las ciencias: una revisión de su creciente implementación a nivel de Educación Básica y Media. *Revista de Investigaciones*, 37 (78), 109- 127.

Wilcox, B. R., & Lewandowski, H. J. (2018). A summary of research-based assessment of students' beliefs about the nature of experimental physics. *American Journal of Physics*, 86(3), 212-219.

Young, H. & Freedman, R. (2013). Física Universitaria, Volumen 1. *México: Pearson Educación*.