

CinemaTIC - *k*

Descripción del cambio de los modelos explicativos de los estudiantes en la representación del movimiento de los cuerpos al aplicar una APK

*López O, Miguel A.*¹

¹ Docente Física I.E.T.A. Santa Cecilia, Magíster en Enseñanza de las Ciencias
miguel_626@hotmail.com

Resumen

El objetivo de esta investigación es describir el cambio en los modelos explicativos que tienen los estudiantes de grado décimo en la representación del movimiento de los cuerpos en función del tiempo al utilizar una APK para Android empleando un enfoque de investigación cualitativo-descriptivo. Se seleccionó un grupo de estudiantes, usando el criterio de muestra de casos tipo, a los cuales se les aplicó una serie de instrumentos (Ideas previas, Foro y Pos Test) para obtener información respecto a los modelos explicativos utilizados. Dicha información se organizó en matrices y se contrastó con los referentes teóricos de la categoría mencionada. Finalmente se procede a describir los cambios en los modelos explicativos utilizando un análisis de contenido.

PALABRAS CLAVE: Modelos explicativos, movimiento de los cuerpos, física, cinemática, descripción del movimiento, APK Android.

Introducción

Un cambio significativo en la enseñanza de las ciencias sería resaltar la centralidad del actor que aprende, cuya mente no es una tabla rasa en la cual pueden “inscribirse” los conocimientos, sino que participa activamente en la construcción de ellos (Adúriz et al., 2011). De la misma manera que en la construcción del conocimiento científico es importante la discusión y el contraste de las ideas y que el lenguaje inicial tiene unas características diferentes del final, también sería necesario dar importancia en la construcción del conocimiento propio de la ciencia es-

colar, a la discusión de las ideas en el aula y al uso de un lenguaje personal que combine los argumentos racionales y los retóricos, como paso previo, para que el lenguaje formalizado propio de la ciencia tome sentido para los estudiantes (Sardà y Sanmartí, 2000).

El estudio de las representaciones mentales que los estudiantes construyen, resultado de su interacción con el mundo y sus fenómenos, está constituyendo una línea de investigación importante en la enseñanza de las Ciencias (Tamaño, 2013). Entre los resultados de estas investigaciones, se puede encontrar como conclusión que, estos modelos explicativos, además de per-

mitirle a la persona que los genera explicar el fenómeno observado, reflejan sus creencias sobre el sistema, por lo que existe correspondencia entre el modelo explicativo construido por el sujeto y el mundo real al cual este modelo hace referencia. Esto resulta útil para detectar los diferentes obstáculos que presenta el estudiante para el aprendizaje de una temática específica (Tamayo et al., 2014a). El uso de los modelos con estos fines sirve como puente entre los modelos explicativos y las actividades de enseñanza que permitan acercarse al aprendizaje en profundidad de temáticas determinadas por los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales (Ministerio de Educación, 2004) y el ICFES (ICFES, 2016) como lo es la descripción formal del movimiento de los cuerpos argumentando desde los conceptos y leyes de la Física.

Autores como Sanmartí (1977), Sanmartí, et al., (1999), Izquierdo (2005), citados por Aragón (2007), ponen de manifiesto que el conocimiento del individuo se produce a partir de las complejas y continuas interacciones que se forman entre el pensamiento, el entorno del sujeto y el lenguaje que las influyen. Los estudiantes, cuando ponen de manifiesto sus ideas, deben estructurarlas y relacionarlas con su propia estructura mental. Por lo anterior, el desarrollo de las habilidades lingüísticas es indispensable para la adquisición de los conocimientos científicos, que al ubicarlos en la práctica en el discurso científico se hace necesario el desarrollo de varias habilidades cognitivo-lingüísticas, como la descripción, la definición, el resumen, la explicación, la justificación y la argumentación.

Los modelos explicativos tienen relación con la argumentación en ciencias, ya que esta se suele entender por distintos autores como un asunto

de elegir algún modelo o teoría, entre modelos y teorías, para explicar un fenómeno del contexto (Giere, 1992; Duschl y Gitomer, 1997 citados por Tamayo et al., 2014b). Esa elección entre los diferentes modelos y teorías podrían venir de las diferentes interpretaciones de los datos debido a las diferentes interpretaciones particulares de las comunidades científicas, sus avances tecnológicos y a los cambios en los objetivos de las ciencias. En el aula de clase este proceso se evidenciaría en las prácticas discursivas de los estudiantes en las que se articulan componentes de la estructura de la argumentación, de los conceptos científicos y de la práctica discursiva, cuya puesta en escena permitiría conocer las características de los modelos argumentativos, y a partir de allí, diseñar procesos didácticos que contribuyan a la transformación de dichos modelos (Tamayo et al., 2014b).

La palabra modelo es polisémica, por lo que desde la ciencia y su didáctica se ha utilizado históricamente con distintos puntos de vista (Gallego, 2004; Adúriz e Izquierdo, 2009, citados por Adúriz et al., 2011). Una definición de modelo es que lo concibe como un “cuadro conceptual explícito, estructurado por relaciones internas y ‘calculable’, construido en relación con una o más situaciones-problema para poder progresar en sus soluciones” (Joshua y Dupin, 1993:327, citados por Adúriz et al., 2011). Conviene diferenciar entre el modelo teórico –cuadro conceptual estructurado relacionado con hechos– y su modelo-representación, aunque ambos puntos de vista están íntimamente relacionados, ya que un modelo teórico se conoce a partir de cómo se representa, sea un dibujo, una maqueta, un hecho ejemplar, una narración, una expresión matemática, etc. Se podría, por lo tanto, completar la afirmación de Gilbert

y Boulter (2002), de esta manera: “el valor de los modelos [representaciones] radica en hacer visible los aspectos complejos o abstractos de aquello que se esté representando [modelos teóricos]”.

Haciendo énfasis a los modelos explicativos que pueden tener los estudiantes en el tema de la descripción del movimiento de los cuerpos, no se ha encontrado una referencia que los defina por lo que resulta necesario referir a la dimensión epistemológica-histórica del mismo para contar con una base de construcción de sus subcategorías y descriptores los cuales están descritos en la Tabla 1.

Subcategorías definidas para la Descripción del Movimiento de los Cuerpos en función del tiempo	
Gráfico Objeto	La forma es aquello en virtud de lo cual se determina estructuralmente en lo que es, es el principio de determinación de la materia (Hilemorfismo Aristotélico)
Gráfico Trayectorial	Es aquel que no afecta a la sustancia, sino a sus accidentes. Locativo: es el cambio de lugar o de traslación. (Locativo Aristotélico).
Gráfico Funcional	Movimiento traslacional referenciado a un sistema coordinado (espacio vs. tiempo). Galileo - Newtoniano.

Tabla 1. Categorías definidas para la descripción del movimiento de los cuerpos en función del tiempo.

El fenómeno del movimiento de los cuerpos ha sido objeto de estudio desde la antigüedad. El primero que lo estudió de manera sistemática fue Aristóteles (384-322 a.c.). La filosofía aristotélica, dada su gran generalidad y su aspecto globalizador, dominó hasta los últimos años de la Edad Media, estableciendo el marco conceptual general dentro del cual se realizaban los estudios de la naturaleza (Alvarez, 2012).

Según Fouse (2001), una primera explicación del cambio que nos ofrece Aristóteles está basa-

da en su concepción de la sustancia, en el hilemorfismo. Recordemos que, según esta teoría, la sustancia está compuesta de materia y forma, y que la forma representa la esencia, aquello que la cosa es, lo que la define. Nombramos a las sustancias por su forma, por su esencia. Pues bien, para que tenga lugar el cambio ha de haber algo que permanezca y algo que se produzca. Ha de haber, pues, un sustrato del cambio, lo que permanece, lo que sufre el cambio. Y ha de haber algo que cambie, algo que se pierda y algo que se adquiera. El sustrato es el sujeto del cambio, y el cambio consiste en la adquisición por el sustrato de una forma de la que inicialmente estaba privado. Por lo tanto, los principios del cambio son tres: el sustrato (hipokéimenon), la forma (morphé) y la privación (stéresis) de la forma que se adquiere.

Otra forma de explicación del cambio es el accidental, el cual supone la modificación de algún accidente de la sustancia, la pérdida o la adquisición de una característica, es decir, la sustitución de una forma accidental por otra. Este tipo de cambio puede ser local, cuantitativo, o cualitativo. El cambio local supone la traslación de la sustancia de un lugar a otro; esto puede producirse de una forma natural, como ocurre con el movimiento de las aguas de un río, o de una forma artificial, si modo de lugar la mesa en que trabajo, por ejemplo. El cambio cuantitativo consiste en el aumento o de la disminución de la cantidad en una sustancia: el aumento o la disminución del peso de un individuo es un ejemplo típico de cambio cuantitativo. El cambio cualitativo supone la sustitución de una cualidad por otra que una sustancia; una fruta que madura y cambia de color experimenta un cambio cualitativo, por ejemplo; una mesa que es pintada de un color diferente también experi-

menta un cambio cualitativo (Fouse, 2001).

Sin embargo, hay que tomar en consideración que la física aristotélica es una física no matematizable y que los conceptos que aparecen en ella se refieren a cualidades (Alvarez, 2012).

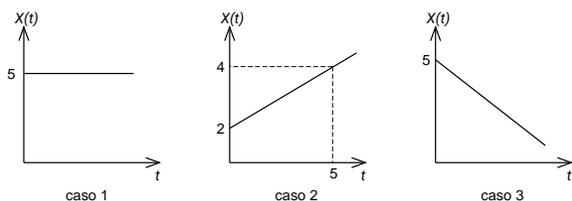


Figura 1. Descripción del movimiento de los cuerpos utilizando el plano cartesiano en diferentes casos. *Caso 1:* reposo. *Caso 2:* movimiento alejándose del sistema de referencia. *Caso 3:* movimiento acercándose al sistema de referencia.

La aparición del uso de ejes para la descripción de variables se remonta a la época de Apolonio de Perge, el cual introdujo un eje de referencia para la graficación de las secciones cónicas. Otro episodio del uso de ejes, es el bien conocido astrónomo, matemático y geógrafo Eratóstenes de Cirene quien utilizó un arco del meridiano como eje de referencia para calcular la circunferencia terrestre. Sería Nicolas de Oresme quien buscando la manera de relacionar los cambios de velocidad o calor respecto al tiempo desarrolla un plano usando dos coordenadas rectangulares, generando una relación entre la latitud, hoy conocida como el eje de las ordenadas (en la cual se representaba la velocidad) y la longitud, conocida actualmente bajo el nombre de abscisas (en el cual se representaba el tiempo). El uso que le dio Oresme a las coordenadas en ejes es significativo porque son éstas las que permiten representar gráficamente una cantidad o cualidad. Sería Sir Isaac Newton quien haciendo uso de las teorías que Rene Descartes

utilizó para solucionar el problema de Pappus, diera en 1976 una clasificación –en los cuatro cuadrantes– de las curvas de tercer orden (Sánchez, 2017), lo que permitió utilizar el plano cartesiano en contextos muy diversos, incluyendo la descripción del movimiento de los cuerpos (Figura 1).

La manera en la que estudiantes de distintos niveles de escolaridad representan el movimiento de objetos, tanto por medio de gráficas cartesianas como a través de dibujos, ha sido una labor que varios investigadores han realizado en educación matemática (Clement, 1989; DiSessa, Hammer, Sherin y Kolpakowski, 1991; Nemirovsky, 1994; Nemirovsky, Tierney y Wright, 1998; Sherin, 2000; Doorman, 2005). De las investigaciones de DiSessa et al. (1991), Sherin (2000), Nemirovsky (1994) y Nemirovsky et al. (1998), se puede inferir que, para el estudiante novicio, el estudio de fenómenos relacionados con el movimiento no es una tarea fácil de llevar a cabo. De estos estudios se desprende que la utilización de gráficas cartesianas y fórmulas algebraicas en la investigación del movimiento requiere la comprensión del funcionamiento de una forma cultural de descripción gráfico-visual que subraya tanto aspectos cualitativos como cuantitativos del movimiento a través de una semiótica compleja que está lejos de ser transparente para el alumno (Miranda et al., 2007).

Entre los diferentes estudios, enfocados en el tema del movimiento de los cuerpos, sus modelos explicativos y la argumentación en ciencias, que se han realizado se tiene el de Diosa Ochoa (2012), quien evalúa el impacto de una estrategia metodológica para la enseñanza de la cinemática lineal desde una interpretación gráfica aplicada a los estudiantes de grado décimo. La estrategia mencionada anteriormente se apli-

ca utilizando material didáctico que promueva la elaboración y comprensión de gráficas y de conceptos característicos de la cinemática como lo son: posición, velocidad, aceleración y su relación en función de la variable tiempo.

Así mismo, Morales et al. (2011), utilizan una plataforma en la cual se visualizan diferentes vídeos de fenómenos físicos, almacenados en un servidor, y se tiene control sobre el tiempo de ejecución utilizando un 'click' del mouse; esta información es utilizada para estudiar los procesos de modelación físico-matemática que realizan los estudiantes. El diseño ahí planteado tiene como objetivo el entendimiento del fenómeno y pone en juego los diferentes elementos de la modelación física y matemática. Concluye que el trabajo de los alumnos no solo se limita al hecho de producir una gráfica con ciertos datos, sino que además comporta la necesidad de explicar el fenómeno, la gráfica se transforma en un elemento primordial para ellos, ya que no basta con entenderla, sino que deben ser capaces de usarla como argumento. Todo esto ocurre en el proceso de modelación que explica el fenómeno.

Metodología

El enfoque de esta investigación es de tipo cualitativo (descriptivo), es decir se enfoca en describir los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes desde un ambiente natural y en relación con su contexto (Sampieri, 2014). En ese sentido se intenta caracterizar el objeto de estudio en una situación concreta que en este caso es describir los cambios en los modelos explicativos que tienen los estudiantes de grado décimo de la I.E.T.A. Santa Cecilia (San Lorenzo - Nariño), respecto a la re-

presentación del movimiento de los cuerpos en función del tiempo al utilizar una APK que promueva su cambio.

Se tiene como unidad de trabajo a 6 estudiantes (tres hombres y tres mujeres) de grado décimo cuyas edades están entre los 14 y 16 años. La unidad de análisis corresponde a las prácticas de aula realizadas con la muestra de estudiantes definida. Como fuentes de información se utilizaron los siguientes instrumentos:

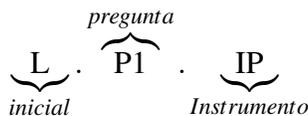
- Documento de Ideas Previas. Documento escrito con dos preguntas abiertas, las cuales se enfocan en obtener información gráfica de los modelos explicativos de los estudiantes en las situaciones de reposo y movimiento de un cuerpo.
- Documentos de Pos Test. Dos documentos escritos en los cuales se obtiene información del modelo explicativo utilizado enfocándose en las situaciones de movimiento y reposo.

El proceso de investigación consiste en aplicar los instrumentos (ver Tabla 2) en el siguiente orden, teniendo en cuenta que la intervención de aula se realiza entre el momento de Ideas Previas **IP** y el momento Pos Test 1 **PT1**:

IP ▷ PT1 ▷ F ▷ PT2

luego, transcribir la información y codificarla, categorizarla y clasificarla teniendo en cuenta repeticiones, similitudes y diferencias, realizar un contraste teórico respecto a los modelos explicativos para finalmente, utilizando un análisis de contenido (Jorba y Sanmartí, 2014), describir sus cambios.

Para la codificación se utiliza el siguiente patrón:



con los siguientes identificadores para cada uno de los instrumentos:

INSTRUMENTO	CODIFICACIÓN
Ideas Previas	IP
Foro	F
Pos Test	PT

Tabla 2. Identificadores en la codificación de los instrumentos aplicados.

Resultados y Análisis

Modelos explicativos en la descripción del movimiento de los cuerpos - Ideas Previas

Los modelos explicativos encontrados en los estudiantes son: gráfico objeto (**SGO**) para la condición de reposo y gráfico trayectorial (**SGT**) para la condición de movimiento (ver Tabla 1).

El modelo *gráfico objeto* se caracteriza por representar la forma física del objeto haciendo énfasis en detalles que lo identifiquen tal como es en la realidad. Además dicho objeto tiene como propiedad intrínseca el *no movimiento* debido a su locación respecto a la tierra o porque en el entorno donde la persona vive se evidencia que esta siempre *quieto* respecto al suelo. Además, el sistema de referencia es descrito utilizando un gráfico.

Desde la perspectiva del modelo gráfico objeto, el cuerpo posee intrínsecamente la condición de movimiento, por tanto hay cuerpos que *deben* estar quietos porque eso es parte de su naturaleza. La detección de movimiento está rela-

cionado con el cambio de posición respecto a otro objeto, generalmente el suelo, por lo que el sistema de referencia se suele describir con otro gráfico.

El modelo *gráfico trayectorial* se caracteriza por utilizar líneas continuas, discontinuas o flechas para indicar la trayectoria del objeto, además se suele dibujar dos o más veces el mismo objeto para explicitar el desplazamiento. La referencia de movimiento suele ser gráfica, generalmente el suelo.

Las representaciones de movimiento en este modelo suelen estar asociadas a quien lo genera y su descripción explícita, en algunos casos, movimientos de rotación además de los de traslación.

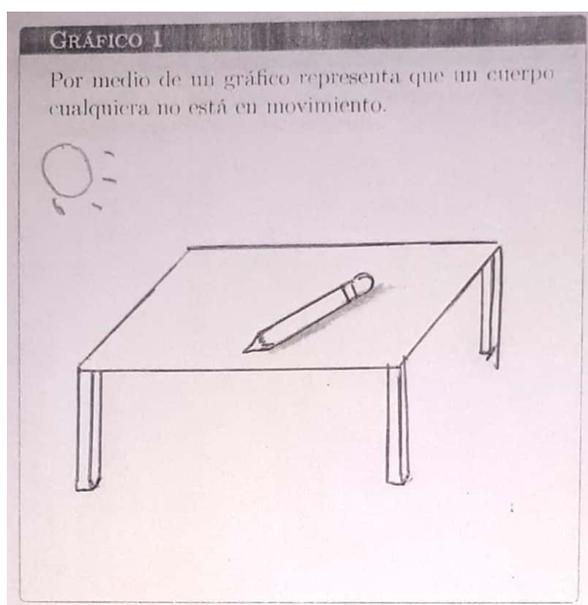


Figura 2. Respuestas de algunos estudiantes al instrumento de Ideas Previas **IP**. Caso 1 – Reposo.

Los modelos de los estudiantes tendieron a ser abstracciones que les permitieron traducir sus observaciones en acciones, encontrando cierta correspondencia entre éstos y los eventos

externos o imaginados. Para tal fin utilizaron representaciones simbólicas afines a la realidad o situación problema observada (Orrego et al., 2016).

Se evidenció que los modelos explicativos utilizados por los estudiantes son pictóricas y se construyeron idiosincrásicamente a partir de las experiencias cotidianas y de las diferentes interacciones con el contexto social. Los modelos parecerían funcionar como un calco de la realidad tal como la captan los sentidos por lo que no requieren de entidades instrumentales auxiliares (Adúriz et al., 2011).

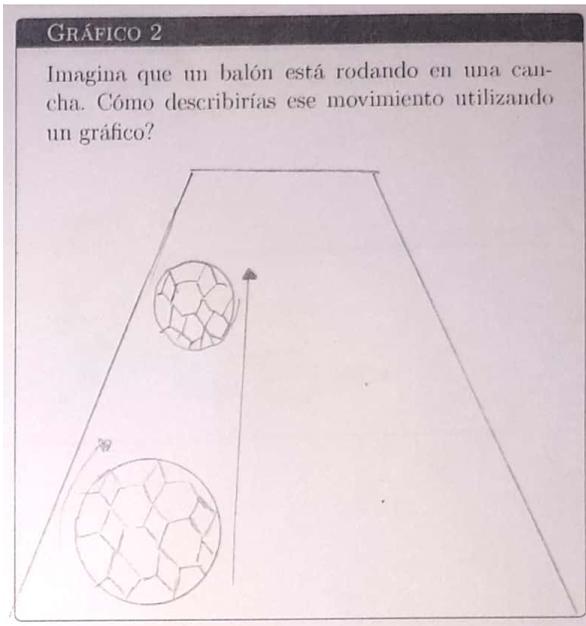


Figura 3. Respuestas de algunos estudiantes al instrumento de Ideas Previas **IP**. Caso 2 – Movimiento.

Se observó que los modelos utilizados por los estudiantes expresaron la situación problema según una demanda (pregunta realizada) explícita. En la construcción del modelo explicativo utilizado estuvieron en juego la representación del conocimiento por experiencia y se limitaron a

la descripción de características de forma de la situación porque en sus respuestas utilizan detalles gráficos de objetos del contexto. Además se confirmó que utilizaron el proceso de contrastación de la información que tienen en cada una de las situaciones propuestas, ya que recurrieron a objetos que cotidianamente relacionan con reposo o movimiento (Orrego et al., 2016).

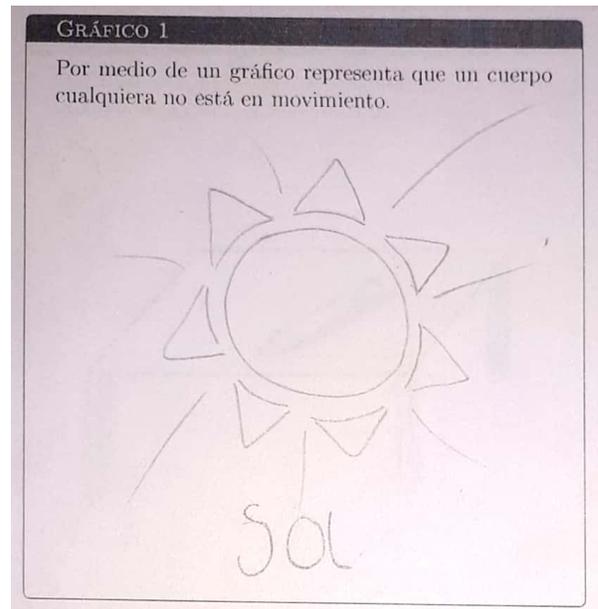


Figura 4. Respuestas de algunos estudiantes al instrumento de Ideas Previas **IP**. Caso 1 – Reposo.

En ese sentido, se comprobó que los modelos explicativos revisados son incompletos e idiosincráticos porque hicieron uso de representaciones de forma de objetos locales o que el estudiante conocía con anterioridad y a características que no fueron suficientes para describir la situación problema planteada; no fueron técnicamente precisos porque refieren a descripciones pictóricas y no a variables que den certeza cuantitativa; fueron funcionales porque cumplen con la tarea de expresar lo que entienden por reposo o movimiento pero no llegaron a ser una he-

herramienta de comprensión – enseñanza; fueron limitantes en su ejecución porque su aplicación a la predicción de situaciones concretas como determinar qué tan lejos llega el cuerpo o cuánto tiempo ha estado en reposo no fue eficiente y promueve supuestos y situaciones imaginadas (Orrego et al., 2016).

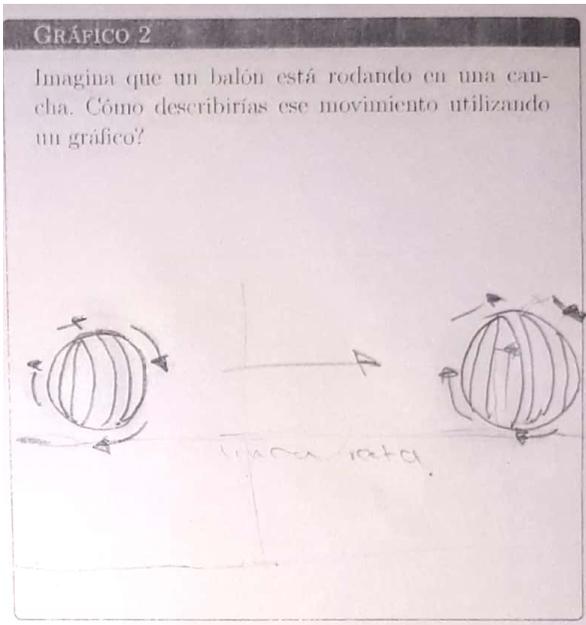


Figura 5. Respuestas de algunos estudiantes al instrumento de Ideas Previas IP. Caso 2 – Movimiento.

Lo anterior se evidenció en las siguientes respuestas:

LP2IP - TP2IP - NP2IP: Utilizaron flechas para representar la traslación y rotación del objeto. La referencia del movimiento que utilizaron fue el suelo representado con una línea horizontal o un plano. El cambio de posición se representó por un dibujo pictórico adicional del mismo objeto en diferente lugar y una flecha que representa la trayectoria seguida por el balón.

YP2IP - BP2IP - CP2IP: Utilizaron flechas y/o líneas sombra para representar la tras-

lación del cuerpo. Usaron gráficos en línea punteada para denotar el objeto en una posición pasada o futura. La referencia del movimiento utilizada fue el suelo, representado por una línea horizontal o un plano. En estos tres casos existe la fuente de movimiento la cual fue representada por una caricatura de una persona o un pie que denota una patada al balón.

Sobre la APK para Android OS- DataLogger WiFi

Se diseñó y desarrolló la APK **DataLogger WiFi** con el fin de visualizar en tiempo sincrónico el método de punteo. El desarrollo de la APK se hizo en la plataforma AppInventor del MIT (Ver Figura 6)

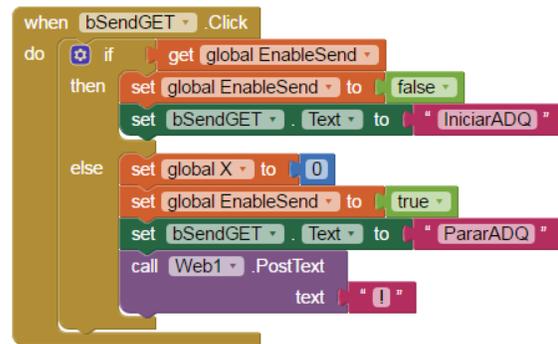


Figura 6. Sección del diseño de bloques de la APK **DataLogger WiFi** en la plataforma de desarrollo AppInventor del MIT.

La APK compilada se subió a la plataforma **Play Store** de Google para que los estudiantes puedan descargarla en las tabletas o en sus equipos celulares.

Se aplicó la Unidad Didáctica *Cómo describir el movimiento de los cuerpos?* (López, 2018) en la cual se utilizó la APK en las tabletas de la institución y en los equipos celulares de algunos estudiantes. Ellos ubicaron el sensor ultrasóni-

co cerca del cuerpo en reposo o en movimiento y observaron directamente la pantalla en la que se graficó, punto a punto, las parejas ordenadas de posición (leída por el sensor) y el tiempo (calculado por el reloj interno del dispositivo) (Ver Figura 9).



Figura 7. Estudiantes realizando la práctica de medición automatizada utilizando el sensor ultrasónico del módulo Mindstorm de LEGO.

La APK se puede utilizar en tabletas y celulares con sistema operativo Android OS, además que se puede conectar con el sensor ultrasónico del módulo Mindstorm de LEGO (Ver Figura 7).

Luego del uso de la APK se realizó un foro para discutir los diferentes resultados obtenidos. Para ello se guardó la gráfica en la memoria del dispositivo para ser recuperada después. La moderación del Foro fue asumida por el docente,

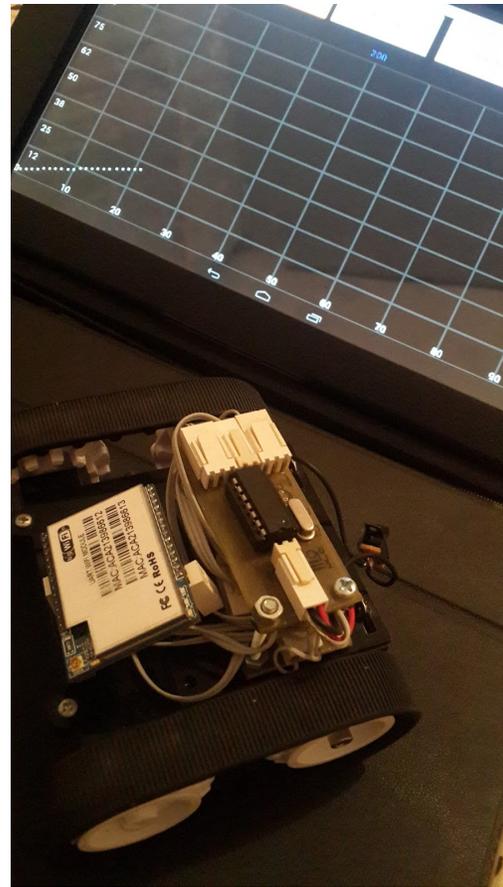


Figura 8. APK en tableta con SO Android. Se utilizó un robot como objeto en movimiento.

quien escribió las diferentes tesis, argumentos y contra-argumentos en el tablero y también se encargó de asignar los turnos de participación y de llamar al orden en las discusiones.

La orientación del uso de la APK se realizó utilizando un blog (ver Blog) en donde se describe paso a paso el cómo configurar la aplicación y cómo conectarla a los dispositivos de medición.

Modelos explicativos en la descripción del movimiento de los cuerpos - Post Test 1

De la aplicación del taller Pos Test 1 **PT1** se obtuvo que todos los estudiantes aplicaron el modelo *gráfico funcional* (Ver Tabla 1).



Figura 9. Gráfica obtenida en un celular de un objeto en movimiento.

El modelo *gráfico funcional* (**SGF**) se caracteriza por explicitar la relación de dos variables utilizando para ello dos ejes perpendiculares entre sí, arreglo geométrico que se conoce como plano cartesiano. La relación de dependencia entre una variable y otra se describe con la sucesión de puntos en el plano, técnica que se conoce como punteo. La gráfica que se proyecta en el plano, resultado de la concatenación de puntos, no tiene una relación directa con la trayectoria del objeto.

YP1PT1, YP2PT1, TP1PT1, TP2PT1, BP1PT1, BP2PT1 y **NP2PT1**: Utilizaron el arreglo geométrico cartesiano (Sánchez, 2017) en donde definieron la relación entre dos variables: posición y tiempo. La gráfica que dibujaron no tiene relación directa con la trayectoria del objeto sino que evidencia la concatenación de puntos, cada uno de ellos correspondiente a una pareja de datos numéricos, los cuales no se representan necesariamente en los ejes. El origen fue representado por la intersección de las dos rectas.

LP1PT1, LP2PT1, CP1PT1 y **CP2PT1**:

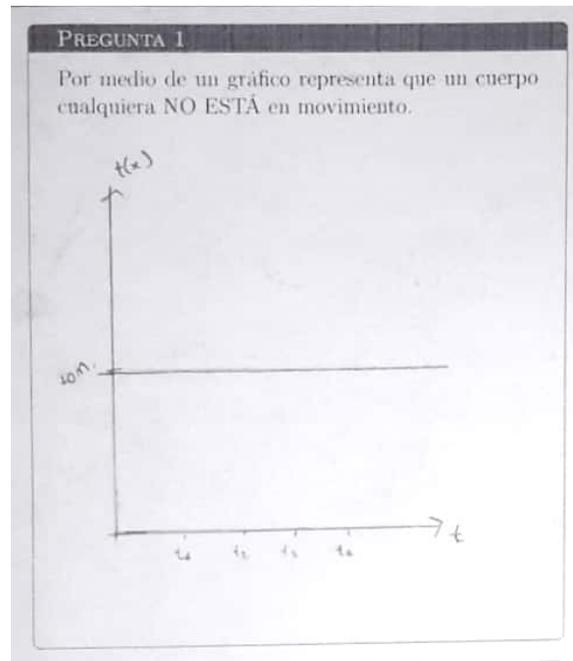


Figura 10. Respuestas de algunos estudiantes al instrumento Pos Test 1 **PT1**. Caso 1 – Reposo.

Utilizaron, además de los conceptos anteriores, descripciones de cantidades en cada uno de los ejes para denotar la relación entre parejas de datos. Explicitaron la relación utilizando líneas punteadas paralelas a cada eje o marcas en cada uno de los ejes. Usaron las letras x para representar valores de distancia y t para los valores de tiempo.

Las variables que se relacionan en este modelo son el tiempo, representado con la letra t y asumido como variable independiente, y la distancia recorrida desde un punto de referencia la cual se representa generalmente con la letra x y es asumida como la variable que depende de t .

Una característica de la representación del movimiento en el modelo funcional es la *cuantificación* de las variables a relacionar, lo que permite ubicar espacialmente los valores en cada

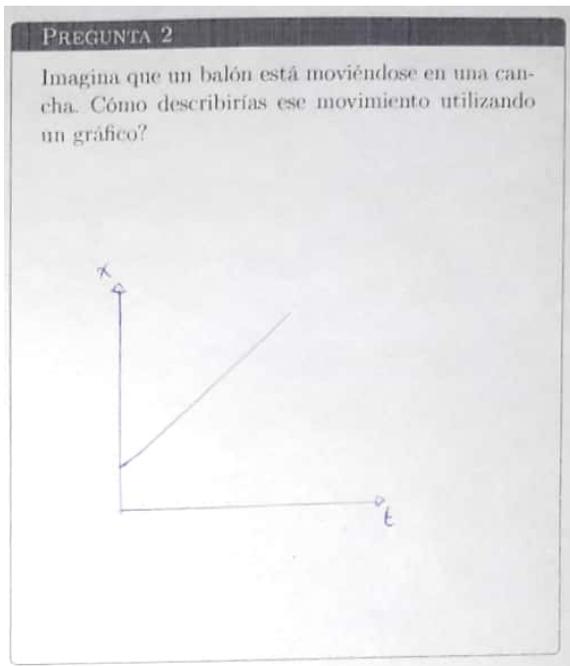


Figura 11. Respuestas de algunos estudiantes al instrumento Pos Test 1 **PT1**. Caso 2 – Movimiento.

uno de los ejes.

El sistema de referencia se describe como la intersección de los dos ejes y representa el punto de observación desde el cual se realizan las mediciones de espacio y el instante desde el cual se inicia a medir el tiempo.

LP1PT1 y **LP2PT1**: Utilizó unidades de medida en la coordenada de posición.

BP1PT1 y **NP1PT1**: Explicitaron las unidades de medida en los ejes coordenados. En el caso **NP1PT1** utilizó una descripción escrita adicional para representar las unidades de medida de las variables.

LP1PT1, **CP1PT1**, **CP2PT1** y **NP1PT1**: Usaron una representación numérica o algebraica para denotar la posición inicial del objeto respecto al origen de medición.

El modelo conceptual de la descripción del

movimiento de los cuerpos se caracteriza por ser abstracto y no corresponder a las percepciones de trayectoria de movimiento del objeto. En general, se tiene que un modelo conceptual es una representación externa creada por investigadores, profesores, ingenieros, etc, que facilita la comprensión o la enseñanza de sistemas o fenómenos del contexto (Greca y Rodríguez, 2002).

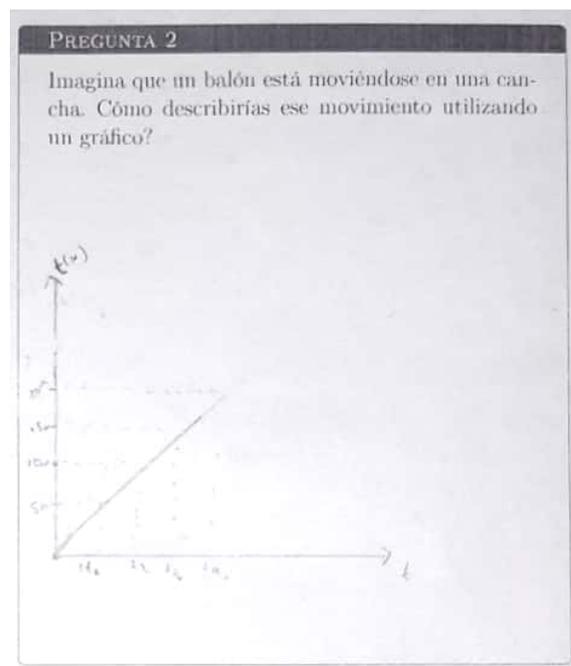


Figura 12. Respuestas de algunos estudiantes al instrumento Pos Test 1 **PT1**. Caso 2 – Movimiento.

En concordancia a lo expuesto por Moreira (citado por Greca y Rodríguez, 2002), los modelos son representaciones precisas, completas y consistentes con el conocimiento científicamente compartido, es decir, las comunidades científicas los utilizan en acuerdo a la correspondencia al conocimiento que poseen. En este caso, dicha representación es geométrica y es utilizada por diferentes comunidades científicas para expresar las relaciones entre variables; en Física se

utiliza globalmente para describir el movimiento de los cuerpos (Cinemática).

Resulta oportuno aclarar que éstas representaciones no son las empleadas de forma primaria por los estudiantes para pensar la situación ni tampoco implica que en situaciones análogas utilicen esa misma regla sino que se añade un proceso adicional para representarlas en el papel (Greca y Rodríguez, 2002).

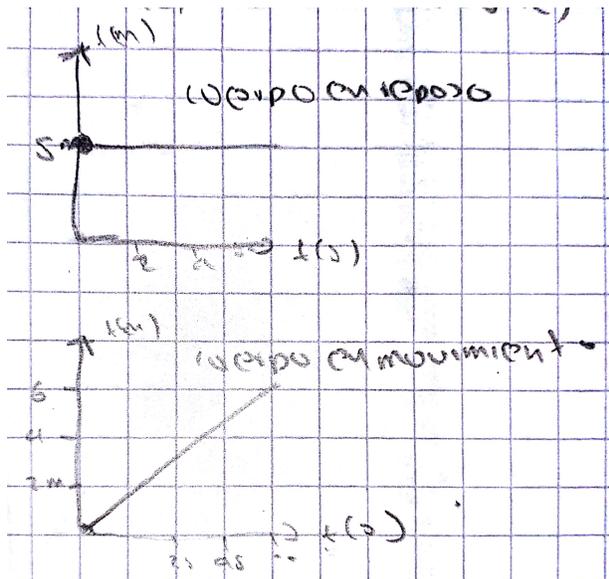


Figura 13. Respuestas de algunos estudiantes (LP1PT2) al instrumento Pos Test 2 PT2. El apoyo a la justificación se hizo recurriendo al modelo gráfico funcional.

Modelos explicativos en la descripción del movimiento de los cuerpos - Post Test 2

De la aplicación del instrumento Pos Test 2 PT2 se observó que dos estudiantes añadieron gráficas a sus argumentos, específicamente en las respuestas LP1PT2 y NP1PT2 recurrieron al modelo explicativo gráfico funcional para describir la situación problemática (Fig.13).

LP1PT2: Utilizó el arreglo geométrico para describir la condición de reposo y movimiento

de un cuerpo. Asignó valores numéricos y algebraicos a las variables en cada uno de los ejes y tuvo en cuenta las unidades de medida. La posición inicial, en el caso de reposo, es explícita en el plano cartesiano por medio de un valor numérico.

NP1PT2: Utilizó el arreglo geométrico para describir la condición de reposo. Asignó un valor algebraico (letra M) a la posición inicial del objeto respecto al origen de medición. Explicitó las unidades de medida en el eje del tiempo y la relación de dependencia entre la posición y el tiempo: $X(t)$.

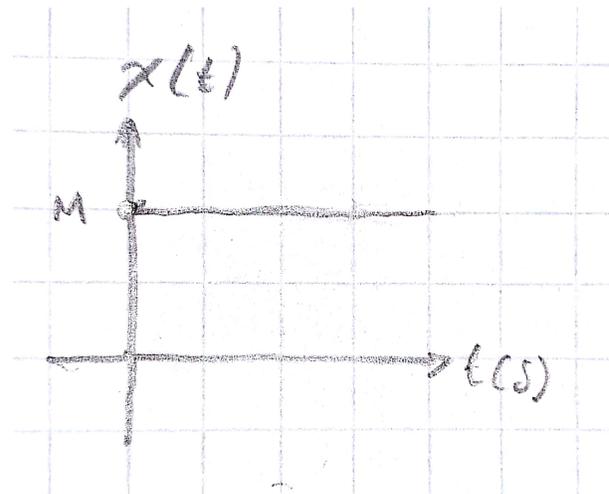


Figura 14. Respuestas de algunos estudiantes (NP1PT2) al instrumento Pos Test 2 PT2. El apoyo a la justificación se hizo recurriendo al modelo gráfico funcional.

Debido a que los modelos explicativos son dinámicos y están evolucionando permanentemente al interactuar con el contexto (Orrego et al., 2016), se pudo promover un avance del modelo explicativo hacia al modelo conceptual de la descripción del movimiento de los cuerpos contrastando la condición de verdad del discurso en el que el modelo está basado con la situación problema. Lo anterior se pudo lograr utilizan-

do preguntas que permitieron al estudiante revisar el modelo explicativo utilizado porque no se ajustaba a la descripción de la situación o porque su limitación en la predicción quedó en evidencia.

El haber utilizado herramientas tecnológicas ayudó a promover el entendimiento de la descripción del movimiento de los cuerpos en función de variables cuantitativas como lo son la posición y el tiempo empleando el arreglo geométrico del plano cartesiano. Acorde a lo planteado por Diosa Ochoa (2012), el aplicar estrategias que promuevan el análisis de gráficas ayudó a fomentar la comprensión de las variables relacionadas en su construcción con la adición de permitir al estudiante interactuar con la herramienta lo que pudo haber servir como elemento de motivación al sentir que tenía el control sobre la práctica experimental.

Descripción del cambio en los Modelos Explicativos

Teniendo en cuenta los cuatro momentos en los cuales se aplicaron los instrumentos:

IP ▷ PT1 ▷ F ▷ PT2

La descripción de avance en los modelos explicativos de algunos estudiantes se muestra en la Figura 15; recordando que la intervención de aula se realizó después del momento de Ideas Previas.

Conclusiones

- Los modelos explicativos que tenían los estudiantes respecto a la descripción del movimiento de los cuerpos se caracterizan por estar en las categorías de Gráfico Objeto

(SGO) y Gráfico Trayectorial (SGT) porque describieron las situaciones de movimiento desde las percepciones y vivencias en el contexto en el que se desenvuelven.

- Luego de aplicar la unidad didáctica, la cual contempla el uso de una APK para Android SO, los estudiantes hicieron uso de criterios que caracterizan al modelo Gráfico Funcional (SGF) como lo son el uso de las variables de tiempo, posición y velocidad.
- El modelo explicativo Gráfico Funcional (SGF) fue utilizado por los estudiantes en sus argumentos y explicaciones haciendo uso de este modelo desde lo descriptivo lingüístico hasta el uso explícito de las gráficas para representar las características del MRU.
- En este caso, se evidenció que el conocimiento del modelo SGF les permitió a los estudiantes utilizar características propias del modelo, como lo son las relaciones entre las variables de posición y tiempo en la estructura argumentativa en los procesos de justificación, apoyo y conclusión. Esta transición podría resultarles de menor dificultad por tratarse de una representación gráfica.
- El uso de la APK que permitía visualizar sincrónicamente el método de punteo promovió el uso del modelo explicativo Gráfico Funcional (SGF) en relación a las variables de posición y tiempo.

Estudiante L			
Ideas Previas	Pos Test 1	Foro	Pos Test 2
SGO - SGT	SGF - SGF	--	SGF
Hubo una evolución en el uso de la representación gráfica en la descripción de reposo y movimiento. Utilizó representaciones numéricas de las variables de posición y tiempo haciendo explícita la relación de pareja ordenada y haciendo uso de unidades de medida. Apoyó la respuesta LP1PT2 utilizando una representación gráfica SGF contrastando las condiciones de reposo y movimiento.			
Estudiante Y			
Ideas Previas	Pos Test 1	Foro	Pos Test 2
SGO - SGT	SGF - SGF	--	--
Hubo una evolución en el uso de la representación gráfica en la descripción de reposo y movimiento. Hizo uso de gráficas lineales sin utilizar representaciones numéricas para las variables pero tuvo en cuenta el nombre en cada uno de los ejes.			
Estudiante T			
Ideas Previas	Pos Test 1	Foro	Pos Test 2
SGO - SGT	SGF - SGF	--	--
Hubo una evolución en el uso de la representación gráfica en la descripción de reposo y movimiento. Hizo uso de gráficas lineales sin utilizar representaciones numéricas para las variables pero tuvo en cuenta el nombre en cada uno de los ejes.			
Estudiante B			
Ideas Previas	Pos Test 1	Foro	Pos Test 2
SGO - SGT	SGF - SGF	--	--
Hubo una evolución en el uso de la representación gráfica en la descripción de reposo y movimiento. Hizo uso de gráficas lineales sin utilizar representaciones numéricas para las variables pero tuvo en cuenta el nombre en cada uno de los ejes.			
Estudiante C			
Ideas Previas	Pos Test 1	Foro	Pos Test 2
-- - SGT	SGF - SGF	--	--
Hubo una evolución en el uso de la representación gráfica en la descripción de reposo y movimiento. Inicialmente, no describió gráficamente el reposo. Hizo uso de gráficas lineales utilizando representaciones algebraicas para las variables y tuvo en cuenta el nombre en cada uno de los ejes.			
Estudiante N			
Ideas Previas	Pos Test 1	Foro	Pos Test 2
SGO - SGT	SGF - SGF	--	SGF
Hubo una evolución en el uso de la representación gráfica en la descripción de reposo y movimiento. Utilizó representaciones algebraicas de la variable posición en la situación de reposo (NP1PT1) e hizo explícito el nombre de los ejes del plano cartesiano. Apoyó la respuesta LP1PT2 utilizando una representación gráfica SGF evidenciando la condición de reposo.			

Figura 15. Descripción del cambio de los modelos explicativos de algunos estudiantes.

Referencias

- Adúriz, A., Gómez, A., Rodríguez, D., López, D., Jiménez-Aleixandre, M., Izquierdo Aymerich, M., y Sanmartí Puig, N. (2011). *Las Ciencias Naturales en Educación Básica: formación de ciudadanía para el siglo XXI*. Secretaría de Educación Pública Argentina y México, México.
- Alvarez, J. L. (2012). El fenómeno de la caída de los cuerpos. *Revista Mexicana de Física*, 58(1):36–40.
- Aragón, M. (2007). Las ciencias experimentales y la enseñanza bilingüe. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1):152–175.
- Diosa Ochoa, Y. (2012). Enseñanza-aprendizaje de la cinemática lineal en su representación gráfica bajo un enfoque constructivista: ensayo en el grado décimo de la institución educativa pbro. Juan J. Escobar. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Medellín, Medellín.

- Fouse, J. (2001). La explicación del cambio o movimiento. Recuperado de <http://www.webdianoia.com/aristoteles/aristotelesmodelación-fis-3.htm>.
- Greca, M. y Rodríguez, L. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Porto Alegre*, 2(3):37–57.
- ICFES (2016). *Lineamientos generales para la presentación del examen de Estado Saber 11. Edición 2*. Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación, Bogotá.
- Jorba, J. y Sanmartí, N. (2014). *Enseñar, aprender y evaluar: un proceso de regulación continua*. Ministerio de Educación y Cultura, Secretaría General de Educación y Formación Profesional.
- López, M. (2018). Niveles de argumentación y su relación con los modelos explicativos de los estudiantes de grado décimo en la descripción del movimiento de los cuerpos en función del tiempo. Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Manizales, Manizales.
- Ministerio de Educación (2004). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Formar en Ciencias: El desafío. Lo que necesitamos saber y saber hacer*. Ministerio de Educación Nacional. Espantapajaros Taller.
- Miranda, I., Radford, L., y Guzmán, J. (2007). Interpretación de gráficas cartesianas sobre el movimiento desde el punto de vista de la teoría de la objetivación. *Educación Matemática, Grupo Santillana*, 19(3):5–30.
- Morales, A., Mena, J., Vera, F., y Rivera, R. (2011). El rol del tiempo en un proceso de modelación utilizando vídeos de experimentos físicos. *Enseñanza de las ciencias*, pages 237–256.
- Orrego, M., Tamayo, O., y Ruiz, F. (2016). *Unidades didácticas para la enseñanza de las ciencias*. Universidad Autónoma de Manizales, Manizales.
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación. 6.Ed.* McGrawHill, México.
- Sardà, A. y Sanmartí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: Un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 18(3):405–422.
- Sánchez, A. E. (2017). El plano cartesiano en el contexto de la vida diaria. Master's thesis, Universidad Nacional de Colombia.
- Tamayo, O., Orrego, M., y Davila, A. (2014a). Modelos explicativos de estudiantes acerca del concepto de respiración. *Bio-grafía - Escritos sobre la Biología y su enseñanza*, 7(13):129–145.
- Tamayo, O., Zona, J., y Loaiza, E. (2014b). *Pensamiento Crítico en el aula de Ciencias*. Universidad de Caldas - Colciencias, Libros de Investigación No. 54, Manizales.
- Tamayo, O. E. (2013). Modelos y modelización en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *IX congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias*, pages 3484–3487.

Apéndice

Se muestran los resultados de la aplicación de otro instrumento a los mismos estudiantes y que fueron promocionados a grado once en la temática de Movimiento Oscilatorio.

Se realizó la observación del movimiento de una hoja en un árbol y se les solicitó que describieran el movimiento mediante un gráfico.

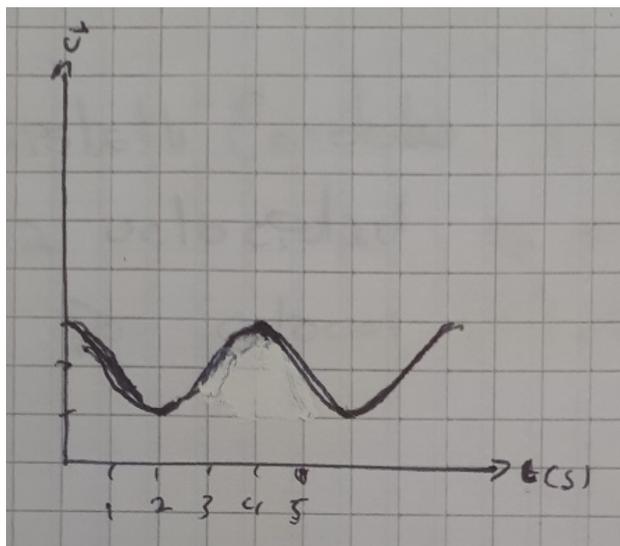


Figura 16. Respuesta a la descripción gráfica del movimiento oscilatorio.

Las variables de descripción podrían ser:

- Posición, generalmente usan la letra X .
- Velocidad, generalmente usan la letra V y
- Tiempo, generalmente usan la letra t o T .

En la respuesta mostrada en la figura 19, se puede observar que subyacen dos modelos explicativos. Uno de ellos es el modelo *Gráfico Trayectorial (SGT)* con el modelo *Gráfico Funcional (SGF)*.

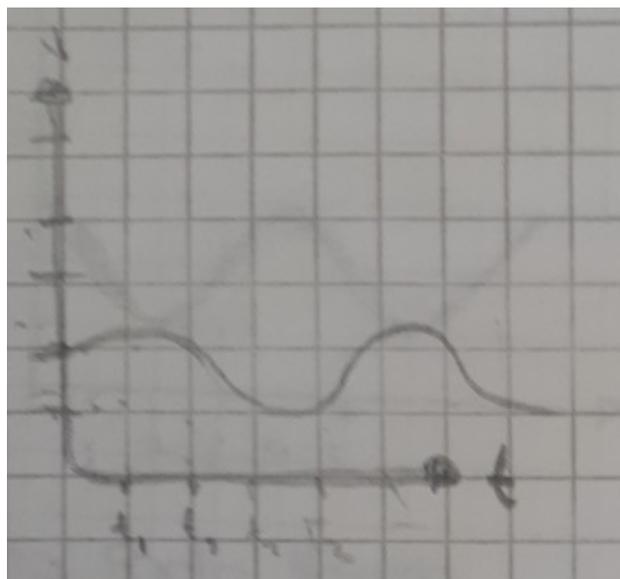


Figura 17. Respuesta a la descripción gráfica del movimiento oscilatorio.

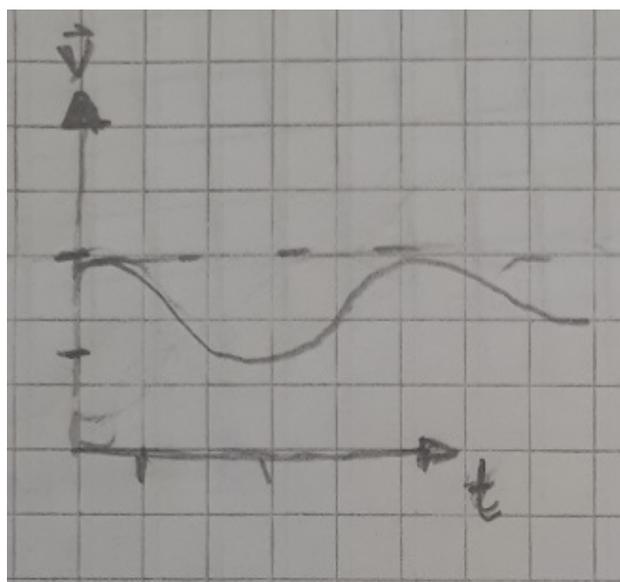


Figura 18. Respuesta a la descripción gráfica del movimiento oscilatorio.

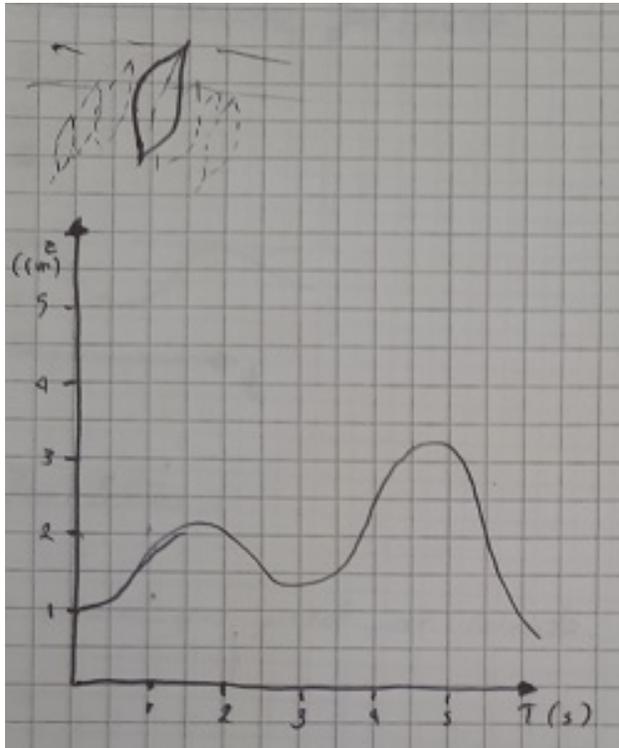


Figura 19. Respuesta a la descripción gráfica del movimiento oscilatorio.

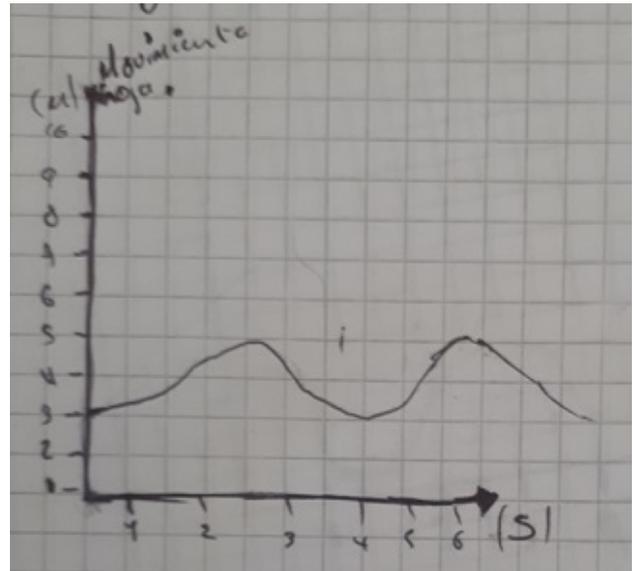


Figura 21. Respuesta a la descripción gráfica del movimiento oscilatorio.

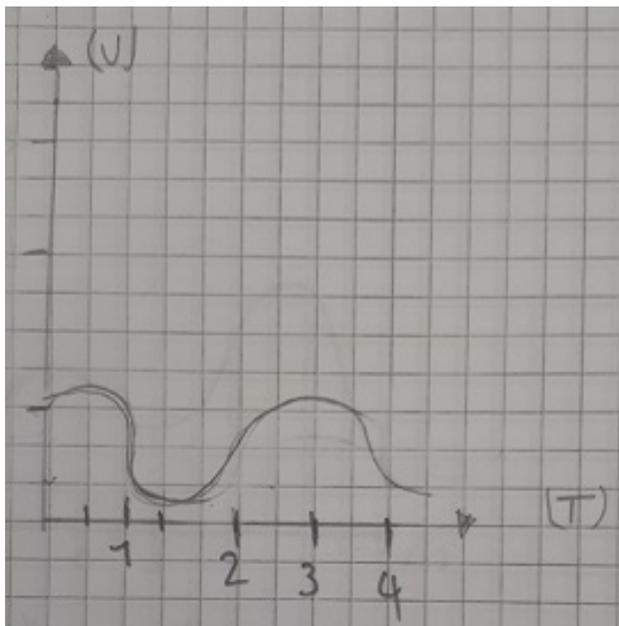


Figura 20. Respuesta a la descripción gráfica del movimiento oscilatorio.

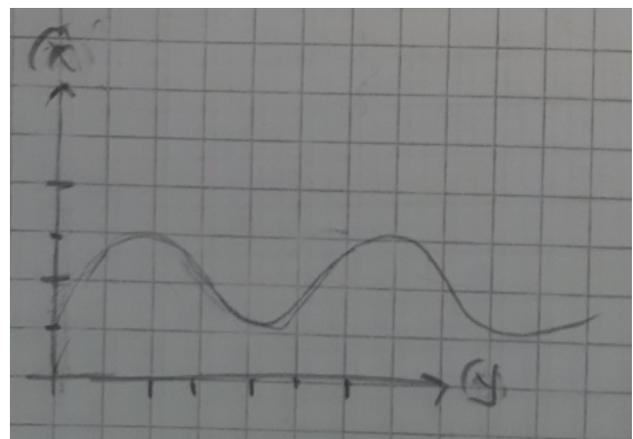


Figura 22. Respuesta a la descripción gráfica del movimiento oscilatorio.

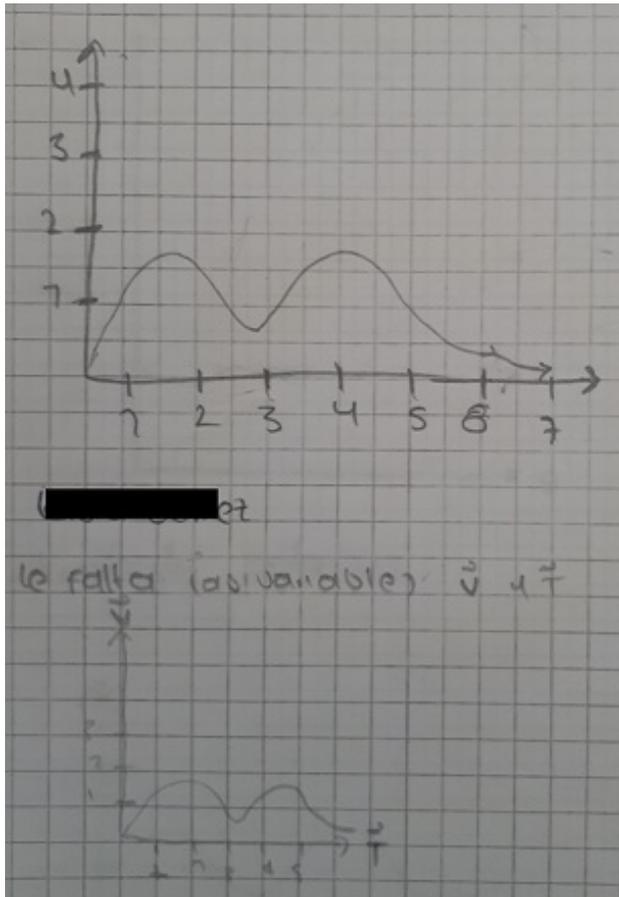


Figura 23. Respuesta a la descripción gráfica del movimiento oscilatorio. Como parte de la práctica se intercambiaron las respuestas entre pares de estudiantes para que realizaran las observaciones que consideraran oportunas. Se puede observar en la respuesta que la observación hace énfasis en el uso de la semiótica.

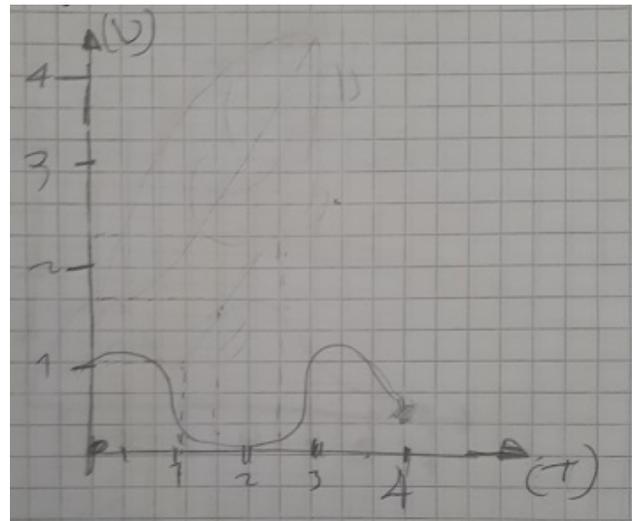


Figura 24. Respuesta a la descripción gráfica del movimiento oscilatorio.

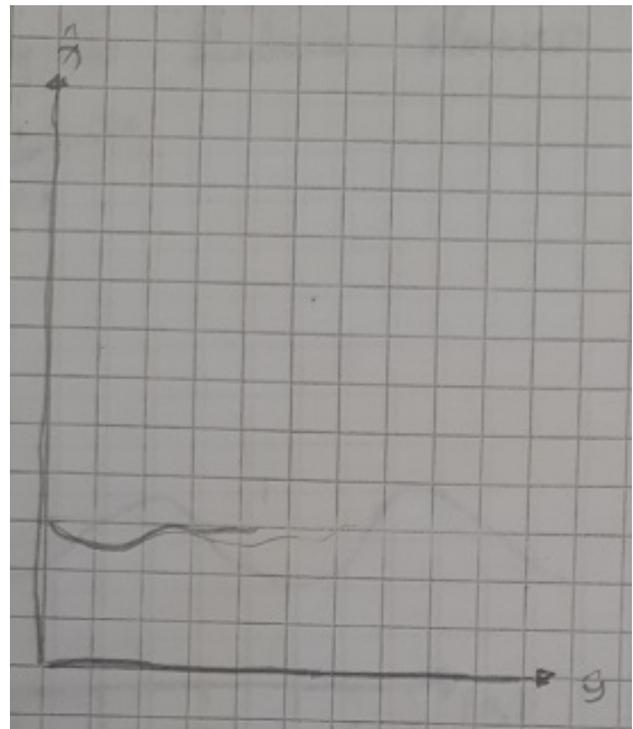


Figura 25. Respuesta a la descripción gráfica del movimiento oscilatorio.