




CAÍDA LIBRE: UNA EXPERIENCIA SEMIPRESENCIAL BASADA EN PREGUNTAS INVESTIGABLES

QUEDA LIVRE: UMA EXPERIÊNCIA SEMIPRESENCIAL BASEADA EM PERGUNTAS INVESTIGÁVEIS

FREE FALL: A BLENDED LEARNING EXPERIENCE BASED ON INVESTIGABLE QUESTIONS

 <https://doi.org/10.56238/levv16n55-107>

Submitted on: 11/19/2025

Publication date: 12/19/2025

Marta Elizabeth Flores Arrieri¹, Karina Vanessa Aneiros González², Mónica Fernanda Conzoni Berro³

RESUMEN

Durante el año 2020, en el contexto de la pandemia por COVID-19 y bajo una modalidad semipresencial, se desarrolló una experiencia didáctica en Física con estudiantes de 5.º año de Educación Media Superior en Montevideo, Uruguay. La propuesta, coordinada por la docente Flores y sus practicantes del profesorado, tuvo como eje el abordaje del fenómeno de la caída libre mediante la formulación de preguntas investigables. El trabajo se centró en promover competencias científicas tales como la conceptualización de modelos, el diseño experimental, la recolección y análisis de datos, y la comunicación de resultados. Dado el protocolo sanitario que impedía el uso de laboratorios, los estudiantes diseñaron y realizaron los experimentos en sus hogares utilizando recursos accesibles. Se emplearon celulares como cronómetros, reglas métricas y objetos cotidianos, registrando datos que luego fueron graficados con software como Graph o Excel. A través de actividades presenciales y virtuales en la plataforma CREA, se profundizó en la idea de modelo, especialmente el modelo de partícula, y se discutió el contexto histórico epistemológico del concepto de caída libre. Los estudiantes formularon hipótesis, analizaron errores de medición y propusieron mejoras, lo que permitió desarrollar habilidades de metacognición. El proceso evidenció avances en la apropiación conceptual y metodológica por parte del estudiantado, aunque persistieron desafíos en la articulación de variables y en la redacción científica. La experiencia valida el uso de metodologías de enseñanza basadas en la indagación y demuestra que el trabajo semipresencial puede trascender el contexto de emergencia sanitaria, consolidándose como una estrategia pedagógica eficaz para fomentar la autonomía y el pensamiento crítico en la enseñanza de las ciencias.

Palabras clave: Didáctica de la Física. Modelo de Partícula. Preguntas Investigables. Competencias Científicas.

¹ Magister en Educación, Sociedad y Política. CeRP del Sur. ANEP. Uruguay.

E-mail: elizabeth.flores@docente.ceibal.edu.uy

² Profesora de Física. Instituto de Profesores Artigas. ANEP. Uruguay. E-mail: kari.twilight@gmail.com.

³ Licenciatura en Enseñanza de la Física. Instituto de Profesores Artigas. ANEP. Uruguay.

E-mail: conzonimonica@gmail.com

RESUMO

Durante o ano de 2020, no contexto da pandemia de COVID-19 e sob a modalidade semipresencial, foi desenvolvida uma experiência didática em Física com estudantes do 5.º ano do Ensino Médio em Montevideu, Uruguai. A proposta, coordenada pela professora Flores e seus estagiários de licenciatura, teve como eixo o estudo do fenômeno da queda livre por meio da formulação de perguntas investigáveis. O trabalho concentrou-se na promoção de competências científicas, tais como a conceitualização de modelos, o desenho experimental, a coleta e a análise de dados e a comunicação de resultados. Em função dos protocolos sanitários que impediram o uso de laboratórios, os estudantes planejaram e realizaram os experimentos em suas casas, utilizando recursos acessíveis. Foram utilizados celulares como cronômetros, réguas métricas e objetos do cotidiano, com registro de dados que posteriormente foram representados em gráficos por meio de softwares como Graph ou Excel. Por meio de atividades presenciais e virtuais na plataforma CREA, aprofundou-se a noção de modelo, especialmente o modelo de partícula, e discutiu-se o contexto histórico-epistemológico do conceito de queda livre. Os estudantes formularam hipóteses, analisaram erros de medição e propuseram melhorias, o que possibilitou o desenvolvimento de habilidades metacognitivas. O processo evidenciou avanços na apropriação conceitual e metodológica por parte dos estudantes, embora tenham persistido desafios na articulação de variáveis e na redação científica. A experiência valida o uso de metodologias de ensino baseadas na investigação e demonstra que o trabalho semipresencial pode transcender o contexto de emergência sanitária, consolidando-se como uma estratégia pedagógica eficaz para promover a autonomia e o pensamento crítico no ensino de Ciências.

Palavras-chave: Didática da Física. Modelo de Partícula. Perguntas Investigáveis. Competências Científicas.

ABSTRACT

In 2020, during the COVID-19 pandemic and under a blended learning modality, a didactic experience was carried out in a 5th-year high school Physics course in Montevideo, Uruguay. The proposal, led by teacher Flores and her teaching interns, focused on the study of free fall phenomena through the formulation of investigable questions. The initiative aimed to foster scientific competencies such as model construction, experimental design, data collection and analysis, and the communication of results. Due to health protocols that restricted laboratory use, students designed and conducted experiments at home using accessible tools. Cell phones were used as timers, rulers for distance measurement, and household objects served as test masses. The collected data were later analyzed with software like Graph or Excel. The activity combined face-to-face classes and online work via the CREA platform. The concept of the particle model was explored in depth, and the historical and epistemological development of the idea of free fall was also addressed. Students proposed hypotheses, discussed measurement errors, and suggested improvements, fostering metacognitive reflection. The process showed conceptual and methodological progress among students, although challenges remained regarding the articulation of variables and scientific writing. The experience validates the use of inquiry-based teaching methodologies and demonstrates that blended learning can go beyond emergency contexts. It consolidates itself as an effective pedagogical strategy to promote autonomy and critical thinking in science education.

Keywords: Physics Education. Particle Model. Inquiry-Based Questions. Scientific Competencies

1 INTRODUCCIÓN

El abordaje de fenómenos físicos mediante la formulación de preguntas investigables constituye una estrategia didáctica potente, ya que permite a los estudiantes aproximarse a los procesos genuinos de producción de conocimiento científico. La enseñanza de la Física desde un enfoque basado en la indagación, especialmente en contextos adversos como el generado por la pandemia de COVID-19, representa tanto un desafío como una oportunidad para repensar las prácticas didácticas y pedagógicas.

En este contexto, se diseñó una propuesta didáctica centrada en el estudio del movimiento de caída libre y orientada al desarrollo de competencias científicas, implementada bajo una modalidad semipresencial, como se desarrolla en el anexo. Esta experiencia combinó instancias virtuales, mediadas por la plataforma CREA del Plan Ceibal, con encuentros presenciales semanales. La propuesta se estructuró sobre la base de preguntas investigables, lo que permitió integrar la enseñanza de contenidos conceptuales, procedimentales y epistemológicos, favoreciendo así la apropiación crítica del conocimiento científico.

En función de esta propuesta, se definieron tres preguntas orientadoras para guiar el proceso de sistematización didáctica:

- ¿Cómo explicitar la idea de modelo en el tema caída libre?
- ¿Cómo enseñar a formular preguntas investigables en este tema?
- ¿Qué competencias científicas se pueden promover al trabajar con preguntas investigables en este caso?

Asimismo, se establecieron los siguientes objetivos generales y específicos:

- Profundizar en la noción de modelo en Física, en particular aplicada al movimiento de caída libre.
- Enseñar a formular preguntas investigables vinculadas con dicho fenómeno.
- Guiar el diseño experimental que permita responder esas preguntas.
- Promover competencias lingüísticas mediante la redacción de informes científicos.
- Favorecer procesos de metacognición que permitan a los estudiantes reflexionar sobre su propio aprendizaje.

2 MARCO TEÓRICO

El marco teórico que sustenta esta propuesta se basa en la enseñanza por indagación, entendida como un modelo didáctico de raíz constructivista (Gil, 1993), en el cual el aprendizaje es concebido como una construcción social del conocimiento. Desde esta perspectiva, es necesario enseñar de forma explícita competencias científicas como la

observación sistemática, la formulación de hipótesis, el diseño experimental, la argumentación y la comunicación de resultados (Furman y Podestá, 2009).

Furman y Podestá (2011) señalan que estas competencias no se adquieren espontáneamente, sino que requieren una enseñanza intencionada, que dé sentido a las actividades que se realizan en el aula. Si los estudiantes no comprenden el propósito de cada etapa del trabajo, la experiencia puede convertirse en una actividad mecánica, desvinculada de sus ideas y sin verdadero compromiso personal. En este marco, el rol del docente es clave: debe actuar como guía del proceso, diseñando situaciones que permitan al estudiantado apropiarse activamente de los conceptos y herramientas del pensamiento científico. El estudiante, por su parte, asume un rol activo en la construcción colectiva del conocimiento.

Este enfoque se articula con el modelo de enseñanza por investigación orientada, que según Gil (1993), se apoya en un supuesto epistemológico constructivista: los modelos, teorías y métodos científicos son construcciones humanas sujetas a revisión permanente. En consecuencia, la enseñanza de la ciencia debe propiciar el planteo de problemas significativos y fomentar la reflexión sobre la construcción del conocimiento.

En este contexto, no basta con enseñar las competencias básicas; también es necesario que los estudiantes comprendan su función dentro del proceso de indagación. Según Furman y Podestá (2011), dichas competencias comprenden:

- Observación y descripción
- Formulación de preguntas investigables
- Formulación de hipótesis y predicciones
- Diseño y realización de experimentos
- Formulación de explicaciones teóricas
- Comprensión de textos científicos y búsqueda de información
- Argumentación

En línea con lo anterior, Sanmartí y Márquez (2012) advierten que la indagación no debe reducirse a “hacer un experimento” para hallar una respuesta, sino que requiere la apropiación de conceptos clave que permitan formular buenas preguntas y dar sentido a los resultados.

Finalmente, en lo que refiere al diseño y realización de experimentos, es necesario distinguir entre el hallazgo fortuito y la construcción deliberada de una estrategia que permita poner a prueba una hipótesis y anticipar posibles resultados. La planificación experimental, por tanto, debe estar guiada por un propósito claro y un marco conceptual que oriente su interpretación.

Por otra parte, se resalta el papel central del concepto de modelo en la ciencia, entendido como una construcción teórica idealizada que permite interpretar fenómenos complejos (Adúriz-Bravo, Labarca y Lombardi, 2014). Un modelo cumple funciones *explicativas* —al interpretar un sistema o fenómeno— y *predictivas* —al anticipar su comportamiento en situaciones nuevas.

Desde esta perspectiva, el modelo es un objeto abstracto, construido conceptualmente, que incluye solo algunas variables relevantes, ignorando otras por ser irrelevantes, inobservables o ideales. A veces, se introducen entidades que no existen físicamente, pero que resultan útiles para la comprensión del sistema. Como explican Adúriz-Bravo et al:

El modelo es entonces un objeto abstracto conceptualmente construido, en el cual se consideran como variables solo algunos factores relevantes, incluso a veces se suponen propiedades de elementos inobservables del sistema real o en otros casos se introducen entidades ideales inexistentes en la realidad. (Adúriz-Bravo, Labarca y Lombardi, 2014, p.42).

En el caso del estudio del movimiento de caída libre, se trabaja con el modelo de partícula. Un recorrido histórico-epistemológico que va desde las concepciones aristotélicas hasta las formulaciones galileanas y newtonianas permite no solo cuestionar las concepciones previas del estudiantado, sino también fomentar una comprensión más profunda del carácter abstracto y predictivo de los modelos científicos.

Para considerar que un objeto se encuentra en caída libre, se realiza una simplificación del fenómeno: se supone que el objeto se mueve en el vacío. Esta modelización implica descartar ciertos factores, considerando que sus efectos son despreciables o mucho menores que otros más fundamentales.

En este sentido, Díaz, Garay, Acosta y Adúriz-Bravo (2019) señalan que:

(...) las teorías toman significado en el mundo real; la manera en que los científicos utilizan las teorías da lugar a un conjunto de hechos “idealizados” (...) El conjunto de ideas teóricas (...) y hechos reconstruidos mediante esas ideas (...) constituye el “modelo teórico”. (p. 10).

Así, para modelar el movimiento de caída como *caída libre*, deben cumplirse ciertas condiciones:

- La forma del objeto no se considera (modelo de partícula)
- El peso del objeto debe ser significativamente mayor que la fuerza de empuje del aire
- La densidad del objeto debe superar ampliamente la del aire
- La altura de caída debe ser mucho menor que el radio de la Tierra

Cuando se cumplen estas condiciones, puede considerarse que el objeto cae libremente bajo la acción exclusiva de la fuerza peso, y el efecto rozamiento con el aire se vuelve despreciable. De este modo, se justifica el uso del modelo idealizado para la enseñanza del fenómeno.

3 METODOLOGÍA

La experiencia se desarrolló en Montevideo, entre septiembre y octubre de 2020, con estudiantes de bachillerato, lo que se enmarca en la Educación Media Superior, en modalidad semipresencial. La plataforma CREA funcionó como aula extendida, ofreciendo acceso a materiales didácticos, simulaciones, tutoriales, espacios de entrega y retroalimentación de informes. Las clases presenciales, limitadas por el protocolo sanitario, se complementaron con actividades asincrónicas y colaborativas a través del entorno virtual.

Se diseñó una secuencia didáctica en la que los estudiantes, guiados por la docente y sus practicantes del profesorado, formularon preguntas investigables centradas en el fenómeno de la caída libre. Dado que el uso del laboratorio escolar estaba restringido, los estudiantes realizaron los experimentos en sus hogares, empleando recursos accesibles como celulares, reglas métricas y objetos cotidianos (pelotas, pesas, entre otros). Los datos recolectados fueron organizados y analizados mediante programas como Graph y Excel.

A lo largo de la propuesta se promovió la reflexión sobre la naturaleza de los modelos científicos, su papel explicativo y predictivo, así como la importancia de su validación empírica. Se incorporaron también dimensiones epistemológicas e históricas, junto con actividades de modelización, análisis de incertidumbres, discusión de hipótesis y comparación de variables. Este abordaje integral buscó no solo fortalecer la comprensión conceptual, sino también desarrollar habilidades propias del pensamiento científico.

4 DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA DIDÁCTICA

La experiencia se implementó en la asignatura Física con estudiantes de 5.º año de Educación Media Superior de Montevideo, durante el año 2020, en el contexto de emergencia sanitaria. En Uruguay, el retorno a las clases presenciales fue voluntario a partir de julio, lo que configuró una modalidad semipresencial.

La plataforma CREA (Plan Ceibal) operó como aula virtual extendida, permitiendo a los estudiantes acceder a grabaciones de clases, repasar conceptos, utilizar programas para graficar, realizar consultas y presentar avances del informe final. Una clase presencial semanal complementaba estas actividades virtuales. Cabe destacar que no se utilizaron videoconferencias sincrónicas.

El equipo docente, integrado por la profesora titular y las practicantes del profesorado, trabajó de manera coordinada durante aproximadamente un mes, combinando instancias presenciales y virtuales. El eje conceptual de la propuesta fue la construcción del concepto de *modelo científico*, entendido como un conjunto sistemático de ideas cuya finalidad es interpretar y explicar fenómenos observables. En este marco, se trabajó particularmente con el *modelo de partícula*, aplicado al estudio del fenómeno de la *caída libre*, abordado inicialmente desde la cinemática y luego desde una perspectiva dinámica.

Se introdujo el tema como un caso particular de Movimiento Rectilíneo Uniformemente Acelerado (MRUA), con aceleración constante y valor aproximado de $9,8 \text{ m/s}^2$. Asimismo, se abordó la evolución epistemológica del concepto de caída libre desde Aristóteles hasta Newton, con el propósito de cuestionar concepciones espontáneas del estudiantado y enriquecer su comprensión teórica a través de la historia de la ciencia. En el estudio de la caída de objetos puede reconocerse a tres grandes pensadores: Aristóteles, Galileo Galilei e Isaac Newton. Cada uno de ellos representa un paradigma en la historia de la ciencia.

Aristóteles (384 a.C - 322 a.C), citado en (Álvarez, 2011), en su tratado Sobre el Cielo, planteaba respecto a la caída de los objetos que:

La velocidad de un objeto en caída es directamente proporcional a su peso, e inversamente proporcional a la resistencia del medio sobre el cual se mueven. Además, para dos objetos que caen en el mismo medio, la relación entre sus pesos determina la proporción entre sus velocidades. (p.36)

La física aristotélica no era una física cuantificable (de hecho no aplicaba las matemáticas), sino que los conceptos que aparecen en ella son cualidades. Aristóteles no utilizaba el término “peso” como lo conocemos hoy en día (fuerza de origen gravitatorio ejercida por el centro de la Tierra a los objetos cercanos a ella), sino que para él los objetos tenían la *cualidad de la gravedad* que poseían los objetos *graves* (formados principalmente por los elementos agua y tierra). La *velocidad también era una cualidad* para Aristóteles, y cuanto mayor la velocidad de los objetos, más rápido se dirigían a su lugar natural, el centro del Universo (el centro del Universo era la Tierra, teoría geocentrista).

Álvarez (2011) refiere a que:

Para entender la física no matematizable de Aristóteles hay que considerarla en el contexto de su propia filosofía. Dentro de esta última está la teoría de las cuatro causas (material, formal, eficiente y final), la cual está totalmente articulada con toda su filosofía, que es una filosofía teleológica, esto es, en los fenómenos naturales existe una finalidad, una causa final. Así, los objetos dotados de gravedad se moverán hacia el centro del Universo debido a que obedecen a una causa final determinada por su naturaleza. (p.37)

Además, en la filosofía aristotélica, también se postulaba respecto a los objetos que: “... existen categorías de objetos: *Los objetos del mundo sublunar o también llamados “graves”,* y los del mundo supra lunar, pertenecientes a esferas con niveles “jerárquicos superiores” (Erazo, 2013, p. 126).

Desde este punto de vista, todos los objetos están compuestos por cinco tipos de elementos: tierra, agua, aire, fuego y éter. El mundo tiene su centro en la Tierra, donde abundan los objetos con mayor “pesantez”; es decir, con mayor porcentaje de átomos de tierra.

Erazo (2013), refiere:

Más allá de la superficie terrestre, Aristóteles considera que de acuerdo a una suerte de esferas imaginarias y concéntricas al planeta, se van ubicando los objetos de cada vez menor pesantez; así por ejemplo una piedra tendría un aporte casi total de átomos de tierra, una pluma de ave, si bien tendría predominancia de átomos de tierra, albergaría una considerable contribución de átomos aéreos y en menor medida de átomos acuosos; no así las nubes, donde la predominancia aérea por sobre la acuosa, y más aún sobre la terrosa, es notoria; de ahí su comportamiento (moviéndose por los aires). Mientras que en las estrellas, predominan los sublimes átomos del éter. (p.126)

Por lo tanto, los objetos más cercanos a la Tierra, al ser los que se componen de mayor cantidad del elemento tierra (objetos terrosos), tendrán mayor peso, por lo tanto, llegarán a su posición natural (al suelo en términos modernos) más rápidos que el resto de los objetos. Aristóteles apelaba al sentido común, ya que como se dijo anteriormente, su física no era matematizable, sino que apelaba más que nada a la observación y se valía de sus postulados filosóficos para explicar la caída de los objetos.

Si se aplica el pensamiento aristotélico (citado en Erazo, 2015) a una situación cotidiana, por ejemplo, si se quiere dejar caer una esfera de metal y otra de madera del mismo tamaño, se dirá que la esfera metálica llegará primero al suelo porque tiene mayor peso (“pesantez”) que la de madera. Al dejarlas caer, en realidad se estará partiendo de la base de que algo elevó esas esferas, por lo cual las mismas intentarán volver a su posición natural. La esfera más grave (la de metal) tendrá mayor tendencia a regresar a dicha posición, por ello llegará antes al suelo (al centro del Universo, según Aristóteles).

Esta visión filosófica de la caída de los objetos tenía limitaciones al ser del tipo observacional (cualitativa):

La primera limitación que tenía era que Aristóteles no tomaba en cuenta la influencia del aire sobre los objetos que caen.

En segundo lugar, y tomando en cuenta el contexto histórico y el poco avance científico de la época, no explicaba por qué los objetos caen. Aristóteles se limitaba a decir que “es su posición natural”.

Además, a pesar de que con un experimento sencillo se puede comprobar que dos objetos de diferentes masas llegan aproximadamente al mismo tiempo al suelo, Aristóteles planteó una proporcionalidad entre el tiempo de caída y el “peso” de los objetos, algo que fue rebatido algunos siglos después por otros filósofos (Hiparco de Rodas o Juan Filopón con la introducción del concepto de *ímpetus* como cualidad de los objetos, mencionados en Álvarez García, 2012).

Erazo (2015) refiere que la filosofía aristotélica, a pesar de las limitaciones que tuvo en la explicación de la caída de los objetos, aún hoy en día si se le pregunta a algunas personas (mayoritariamente estudiantes de educación media) qué objetos llegará primero al suelo presentándoles dos objetos como los del ejemplo anterior (dos esferas, una de madera y otra de metal), responderán que la esfera metálica llegará primero al suelo porque es más pesada. Esto indica que el pensamiento aristotélico era muy cercano al sentido común.

Galileo plantea que de no existir el aire, todos los objetos “pesados” caerían con la misma velocidad. Galileo llegó a la conclusión correcta de que los cuerpos que caen aumentan su velocidad en *la forma más simple posible*, es decir, con *aceleración uniforme*. Newton retomó los estudios de Galileo, pudiendo modelar el movimiento de caída libre desde el punto de vista dinámico a partir de su Ley de Gravitación Universal:

Todos los objetos del universo se atraen con una fuerza directamente proporcional al producto de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa. Los objetos caen hacia el centro de la Tierra siguiendo esta ley. Los objetos que caen cerca de la Tierra caen con una aceleración aproximadamente igual (y aproximadamente constante). (Alarcón, 2012, p. 21)

5 DISEÑO EXPERIMENTAL Y FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA INVESTIGABLE

En una instancia presencial, se propuso como desafío que los estudiantes pensarán, en equipos, cómo estudiarían el movimiento de caída libre en sus hogares, ante la imposibilidad de utilizar los laboratorios institucionales. Se realizó una puesta en común y, a partir de las ideas surgidas, se discutieron las variables involucradas: dependientes, independientes y de control. El objetivo fue enseñar a formular una pregunta investigable coherente con un diseño experimental viable. Se trabajó con la definición de variable y con el diseño de estrategias para la recolección de datos, retomando las orientaciones de Sanmartí y Márquez (2012) sobre la formulación de

una pregunta investigable. Ello requiere aplicar conocimientos sobre cómo se genera la ciencia y, en concreto, sobre qué es una variable y la distinción entre las que varían y las que se controlan en un experimento, y sobre cómo diseñar procesos para recoger datos.

Los estudiantes discutieron diferentes opciones de experimentación y tomaron recaudos para minimizar los errores de medición. Entre los aspectos considerados estuvieron: iluminación, contraste del objeto con el fondo, alineación de la regla y el cronómetro, repetición de mediciones y cálculo de la incertidumbre como semirrango.

Con base en estas discusiones, se elaboró colectivamente la siguiente pregunta investigable: **¿Qué relación de dependencia existe entre la posición y el tiempo en el caso de la caída de un objeto?** Para guiar el diseño experimental, se elaboró una tabla con preguntas orientadoras, tales como: ¿Qué variables mediremos? ¿Qué materiales necesitamos? ¿Cómo registraremos los datos? ¿Cómo analizaremos los resultados? Estas herramientas facilitaron el paso de una pregunta abstracta a una planificación experimental concreta, fortaleciendo la comprensión metodológica del proceso científico.

Tabla 1

Guía para realizar el diseño experimental en clase

Preguntas	Respuestas esperadas
¿Qué variables podemos medir?	Posición, tiempo, velocidad
¿Qué cambiaremos? Variable independiente ¿Qué observaremos o mediremos? Variable dependiente ¿Qué no debemos modificar? Variables de control	Independiente: el tiempo Dependiente: la posición Altura de la caída (mínimo 1,0 m). Posición inicial 0 m Densidad del objeto. Velocidad inicial 0 m/s. Posición a considerar para medir (centro de objeto u otro punto)

¿Qué materiales necesitamos para medir esas variables?	Regla o cinta métrica. Celular (cronómetro) Objeto que sea mucho más denso que el aire y asimilable al modelo de partícula (por ejemplo una pelota de golf)
Sabemos de años anteriores que la medida exacta no existe y que siempre se ve afectada por un pequeño margen de incertidumbre, ¿qué recaudos debemos tener para minimizar los errores de esta práctica?	Luz, para medir bien las posiciones. Contraste de objeto con el fondo. Ubicar bien la regla y el celular para evitar errores de paralaje. Pedir ayuda a alguien para realizarla.
¿Cómo podemos hacer para tener una medida de tiempo más confiable?	Medir por lo menos tres veces para lograr tener un tiempo promedio y obtener su incertidumbre con el semirrango $(t_{\text{máx}} - t_{\text{mín}})/2$.
¿Cómo registramos estos datos?	Tabla de valores de posición y de tiempo
¿Cómo podemos analizar los datos?	Con el programa Graph (Excel, Geogebra u otro que conozcan)
¿Qué resultados esperamos? Hipótesis	Que la aceleración sea constante y el valor esté cercano a 9.8 m/s^2

Fuente: Elaboración propia.

6 RESULTADOS

Durante la práctica domiciliaria, usando sus celulares, los estudiantes recolectaron datos experimentales la posición de un objeto en caída libre en función del tiempo, como se visualiza en la figura 1.

Figura 1

Imágenes de la secuencia de caída de experimento de una estudiante



Fuente: Elaboración propia.

Respecto a las incertidumbres de las medidas, no se priorizó su tratamiento, aunque se realizaron varias medidas de tiempo para calcular un tiempo promedio, el semirango y

se consideró el error en la medida de la posición. Algunos estudiantes lograron graficar los datos con sus incertidumbres correspondientes.

A partir de estos datos, construyeron gráficos de posición versus tiempo en programas como Graph o Excel y, posteriormente, realizaron un cambio de variable ($z = t^2$) para linealizar la relación y facilitar el cálculo de la aceleración gravitatoria.

Se consideró la posición inicial $y = 0$ m y la velocidad inicial (v_0) 0 m/s, lo cual es una condición necesaria para que al sustituir en la ecuación de posición (y) resulte $y = (at^2)/2$, siendo a , la aceleración del movimiento. Al considerar la caída libre como un caso particular del movimiento rectilíneo uniformemente acelerado, el valor de aceleración es el de aceleración gravitatoria ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$). Si se calcula la pendiente de la gráfica $y = f(z)$, se obtiene $1/2a$, y a partir de allí se obtiene el valor de la aceleración gravitatoria. En la mayoría de los casos, los resultados se aproximaron al valor teórico de $9,8 \text{ m/s}^2$. No obstante, algunos experimentos arrojaron valores más altos, como en las figuras 2 y 3, atribuibles a errores sistemáticos en la medición del tiempo o a condiciones experimentales no controladas.

Figura 2

Gráfica de posición en función de tiempo realizada con Graph

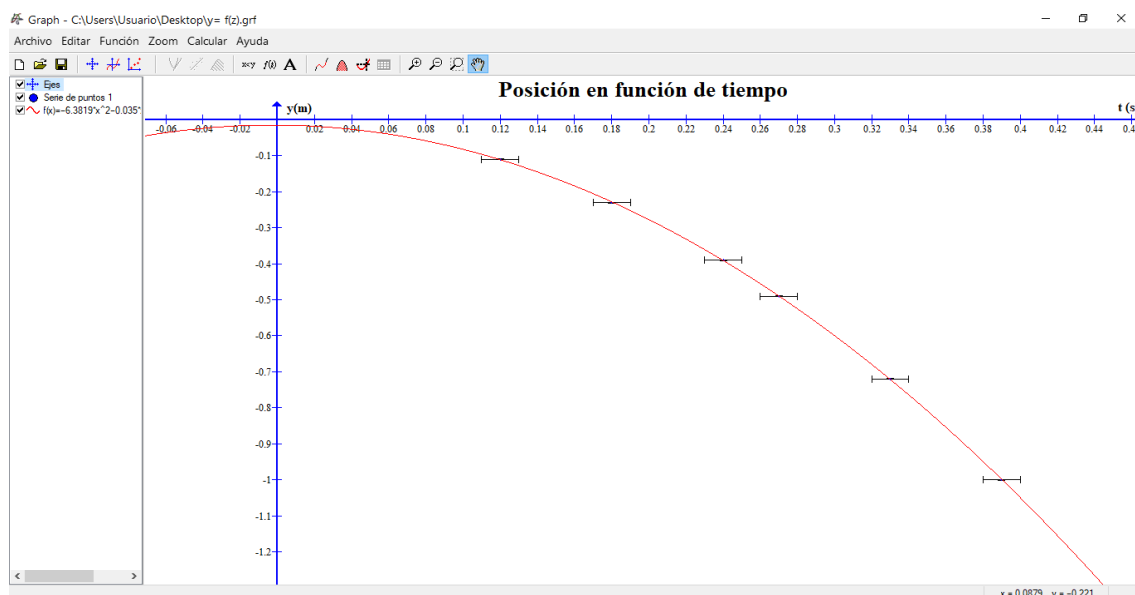
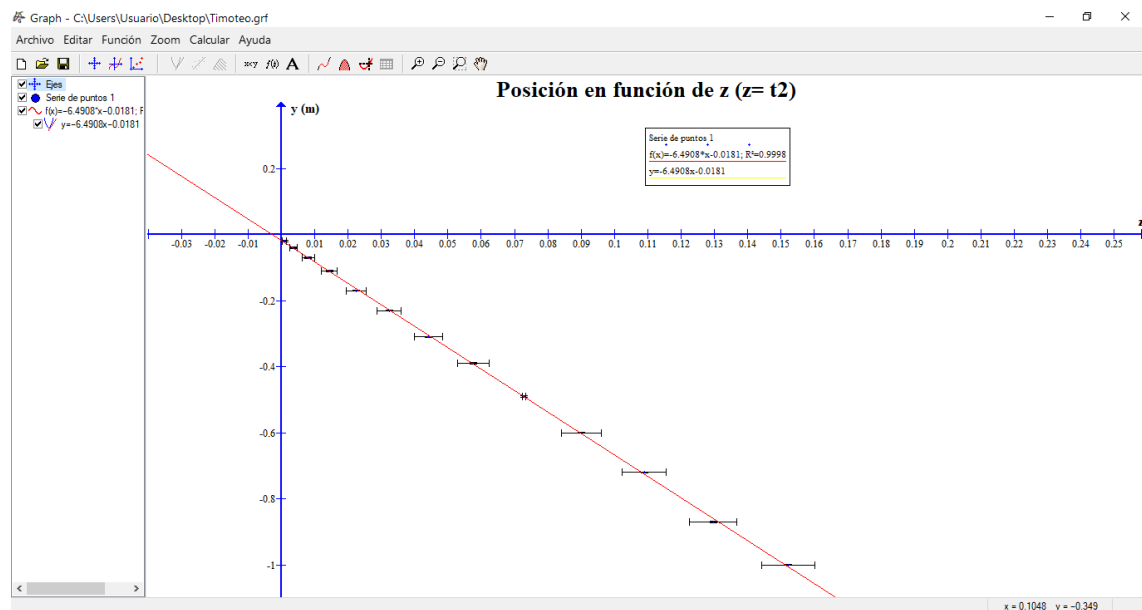


Figura 3

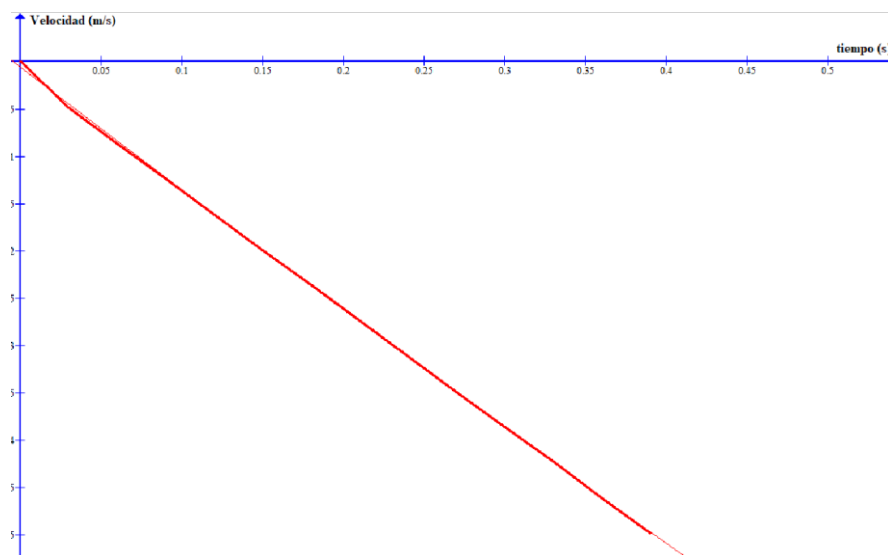
Gráfica de posición en función de z, con cambio de variable $z=t^2$



Se planteó como otra posibilidad de análisis el graficar $y = f(t)$, como en la figura 4, calcular la pendiente con la función derivada en cada valor de tiempo para obtener la velocidad (v) y, a partir de la gráfica $v = f(t)$, obtener el valor de la aceleración a través de la pendiente.

Figura 4

Gráfica de velocidad en función de tiempo.



7 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

a) Experimentales

Los resultados obtenidos permiten concluir que la propuesta didáctica favoreció, en gran medida, el desarrollo de competencias científicas. Se observaron avances especialmente en la formulación de hipótesis, el diseño experimental y la interpretación de datos. No obstante, persistieron dificultades vinculadas con la articulación entre variables, la apropiación del lenguaje científico y la confrontación de concepciones previas con las explicaciones científicas.

Durante la ejecución de la experiencia, los estudiantes identificaron como principal dificultad la medición precisa del tiempo de caída, dada la brevedad del fenómeno y las limitaciones tecnológicas de algunos dispositivos móviles. Algunos modificaron la altura de caída para obtener registros más adecuados, aunque no siempre lograron resultados exitosos. En ciertos casos, reconocieron que el objeto utilizado (por ejemplo, un pedazo de nylon o una pesa) no cumplía con los requisitos del modelo de partícula, por lo que optaron por repetir el experimento. También se presentaron problemas relacionados con la forma de soltar el objeto o con el paralaje en las grabaciones.

La actividad permitió valorar la importancia de diseñar un experimento con criterios científicos, considerar las variables involucradas y evaluar la validez de los resultados obtenidos. En la instancia de discusión, se analizaron las fuentes de error, se propusieron mejoras y se revisó la coherencia entre la pregunta investigable, los objetivos y los procedimientos realizados. Se formularon explicaciones contrastando los resultados esperados (valor teórico de la aceleración) con los cálculos experimentales.

Desde una perspectiva didáctica, se valida el uso del modelo de partícula como herramienta para simplificar y comprender fenómenos físicos complejos. La incorporación de aspectos de historia de la ciencia resultó valiosa para contextualizar los conceptos y promover una mirada crítica sobre su construcción y evolución.

Para los estudiantes que no lograron realizar la práctica en sus hogares, se brindaron datos experimentales obtenidos anteriormente en el laboratorio, con el fin de que pudieran desarrollar el análisis y ensayar la redacción de un informe de resultados.

La plataforma CREA fue clave para sostener el vínculo didáctico en modalidad semipresencial. Lejos de ser una limitación, la virtualidad potenció la autonomía del alumnado y su participación activa. El proceso de escritura fue guiado en etapas, lo cual favoreció la adquisición progresiva de habilidades comunicativas y metacognitivas, aunque no todos alcanzaron el nivel esperado en cuanto al estilo académico. Las exigencias propias

de esta metodología representaron un desafío para estudiantes poco familiarizados con propuestas centradas en la indagación y el pensamiento crítico.

En síntesis, se observó un progreso significativo en la apropiación de una metodología investigativa, aunque el camino hacia una práctica consolidada requiere continuidad, apoyo docente sostenido y tiempo para que las competencias se afiancen. También se promovieron competencias lingüísticas, al trabajar con la redacción de informes como medio de comunicación científica. Este proceso fue acompañado a través de la plataforma, modelando las distintas partes del informe paso a paso.

b) Relatos de estudiantes

A lo largo del desarrollo de la propuesta, se observó un aumento paulatino del interés y compromiso por parte del estudiantado. Durante las instancias de sistematización conceptual —particularmente en torno a la noción de modelo, la formulación de la pregunta investigable y el diseño experimental— surgieron discusiones significativas. Un tema recurrente fue la elección del objeto a dejar caer, y si este cumplía o no con las condiciones requeridas por el modelo de partícula.

Durante la elaboración de los informes, se promovió la reflexión sobre los procedimientos realizados y su justificación, así como la metacognición. En ese marco, un estudiante evidenció apropiación del concepto de modelo en la siguiente fundamentación:

¿Por qué la pelota?

En lo personal preferí la pelota y no otro objeto, principalmente por su modelo, también se me facilita mucho más a la hora de sacar los datos mirando la grabación porque aunque gire o rote en el aire eso no perjudica en los datos. Como mencioné al principio del informe, tuve el inconveniente de primero utilizar una pelota grande, por lo que tuve que cambiar a una más chica. También tuve en cuenta el color de la pelota, siendo el de esta naranja fluorescente y la pared blanca para así ofrecer un contraste lo más notorio posible.

El mismo estudiante, en otra parte del texto, evidencia la comprensión del modelo de caída libre (al no considerar el rozamiento) y de partícula (al considerar la forma del objeto):

El segundo objetivo estaba en cómo estudiar el movimiento de caída libre en una situación cotidiana. Sí se puede estudiar, pero para ello hay que desprestigiar la resistencia del aire y tomar otros puntos en cuenta como el objeto...

Por su parte, otro estudiante fundamenta la modelización de la caída de la siguiente manera:

Otro factor muy importante a tener en cuenta es el rozamiento con el aire que el objeto a utilizar posee, ya que si este tiene mucho rozamiento con el aire se frena drásticamente y no se pueden cumplir los objetivos de manera correcta.

En lo que refiere al análisis de datos, un estudiante optó por obtener el valor de la aceleración de la caída a partir de la gráfica de velocidad en función de tiempo, lo cual había sido discutido durante la discusión del diseño experimental como una alternativa al cambio de variable ($z = t^2$):

Utilicé los datos de la tabla para crear esta gráfica de posición por tiempo, cuya pendiente determinará la velocidad de la pelota. Tras extraer los datos, construí una nueva gráfica, esta de velocidad por tiempo. Como podemos apreciar, es una función lineal, o al menos lo aparenta, por pequeños errores de observación no es completamente lineal, pero podemos decir que su pendiente (...) representa la aceleración del objeto.

Otro estudiante analiza un posible por qué de sus resultados incongruentes con lo que esperaba:

(...) hay que aclarar el error que tuve en la medición de tiempos durante la realización del video ya, que durante este, es muy complicado medir bien el tiempo por el que pasa en cada punto. Debido a este error en la medición, en el análisis y el cálculo de la aceleración, se puede observar que esta posee un valor desorbitado.

En términos de estructura del informe, la mayoría optó por un formato tradicional (objetivos, marco teórico, materiales, procedimiento, análisis y conclusión), frente al formato de artículo científico. Cada estudiante formuló objetivos acordes a su pregunta investigable, aunque algunos conservaron dicha pregunta como título del trabajo.

8 CONCLUSIONES

El análisis de los informes elaborados por los estudiantes permite identificar múltiples tipos de aprendizajes alcanzados durante la implementación de la propuesta. Si bien no se logró una apropiación integral de todos los objetivos planteados, lo cual es comprensible dada la variedad de competencias involucradas, se evidenciaron avances significativos tanto en el plano conceptual como metodológico.

Uno de los logros más relevantes fue la apropiación del modelo de partícula y del concepto de caída libre por parte de varios estudiantes, quienes lograron aplicar estos marcos teóricos al análisis de su experiencia experimental. La formulación de preguntas investigables representó un desafío común, especialmente en lo que refiere a la identificación y articulación de variables, aunque se observaron mejoras a lo largo del proceso, particularmente durante la segunda instancia de discusión grupal.

En cuanto al análisis de datos, el uso de programas de gráficos resultó una herramienta didáctica valiosa. Facilitó la representación visual de los resultados, permitió invertir mayor tiempo en la discusión del significado físico de las curvas obtenidas y favoreció

una mejor comprensión de las relaciones funcionales involucradas. Esto se tradujo en informes que, en su mayoría, presentaron una estructura adecuada y coherente, independientemente de la precisión de los cálculos numéricos obtenidos. La capacidad de los estudiantes para fundamentar decisiones experimentales, establecer objetivos pertinentes y analizar resultados en función de hipótesis y datos concretos, da cuenta de una apropiación incipiente, pero significativa, de herramientas propias del trabajo científico.

No obstante, se constataron dificultades persistentes en la redacción de textos académicos, lo que evidencia la necesidad de continuar acompañando el desarrollo de la competencia lingüística en contextos disciplinares. En este aspecto, el modelado por etapas y el uso de la plataforma virtual para el seguimiento de los informes constituyeron apoyos valiosos, pero no suficientes aún para todos los estudiantes.

En lo relativo a la metacognición, se promovieron espacios de reflexión sobre el propio aprendizaje, una práctica que no resulta habitual para gran parte del estudiantado. Aun así, se registraron expresiones que dan cuenta de un proceso de toma de conciencia sobre lo aprendido, tal como lo reflejan las siguientes reflexiones:

La práctica que llevé a cabo salió tal cual a lo planeado y muy parecido a lo teórico, yo creo que pude cumplir con mis objetivos para este práctico.

Como dije anteriormente, tuve varios problemas durante la medición del tiempo, pero como tal el procedimiento y todo lo entendí.

Aprendí que en cualquier situación del día a día hay un método y un estudio para cada cosa que sucede.

Estas expresiones resultan significativas para el equipo docente al momento de evaluar la realización de esta experiencia de aula, ya que implica que dichos estudiantes, además de integrar las competencias científicas y lingüísticas, transitaron por un proceso de toma de conciencia sobre sus propios aprendizajes.

REFERENCIAS

- Alarcón Rodríguez, M. M. (2012). Estudio del fenómeno de la caída de los objetos desde la perspectiva de los sistemas dinámicos: Una propuesta para el desarrollo de competencias científicas [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UN. <http://www.bdigital.unal.edu.co/>
- Díaz Guevara, C. A., Garay, F., Acosta Paz, J. D., & Adúriz-Bravo, A. (2019). Los modelos y la modelización científica y sus aportes a la enseñanza de la periodicidad química en la formación inicial del profesorado. *Didacticae: Revista de Investigación en Didácticas Específicas*, 5, 7-25. <https://revistes.ub.edu/index.php/didacticae/article/view/26799>
- Furman, M., & Podestá, M. E. (2009). *La aventura de enseñar ciencias naturales*. Aique.



Gil Pérez, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 11(2), 197-212. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21204>

Pedrinaci, E., Caamaño, A., Cañal, P., & de Pro, A. (2012). Once ideas clave: El desarrollo de la competencia científica. Graó.

Sanmartí, N., & Márquez, C. (2012). Enseñar a plantear preguntas investigables. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 70, 27-36.