

## Explorando el universo: integración de simulaciones PhET en clases de Astronomía

**Gisele Bosso de Freitas<sup>1</sup>, Diana López Tavares<sup>2</sup>**

1 - Centro de Ciencias Exactas, Naturales y Tecnológicas, Universidad Estatal de la Región Tocantina de Maranhão y PhET Fellow Cohorte 2023.

R. Godofredo Viana, 1300, Imperatriz, MA, 65901-480, BR, giseleuemasul@gmail.com

2 - PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder

Duane Physics E1B32 2000 Colorado Ave Boulder, CO 80309-0390, USA, Diana.LopezTavares@colorado.edu

### Resumen

En esta experiencia de innovación en una universidad de Brasil, se introdujo la simulación "Mi Sistema Solar" de PhET usando las estrategias didácticas de Indagación con la Clase Entera y Clase Demostrativa Interactiva (CDI), como una solución creativa y transformadora para mejorar la enseñanza de la Astronomía. En esta estrategia didáctica, la simulación es proyectada frente a todos los estudiantes y la indagación se da a través de preguntas de predicción, observación e interpretación de forma individual, con pares y en discusiones grupales. Antes de esta implementación, la enseñanza carecía de interacción y visualización, lo que dificultaba la comprensión y la participación. Con esta estrategia, los resultados superaron las expectativas al generar momentos de asombro, y fomentar la colaboración activa. Con el análisis de ecuaciones en clases siguientes, fue posible notar que los conceptos visualizados en la simulación facilitaron la comprensión y aplicación de modelos matemáticos, el razonamiento cuantitativo, y el análisis de datos en la resolución de problemas.

**Palabras-clave:** Aprendizaje Activo, Clases Demostrativas Interactivas, Simulaciones Interactivas, Universitario, STEM.

### Introducción

El universo que nos rodea ha fascinado a la humanidad desde tiempos inmemorables (Berry, 2019; Zeilik, 2002). En el aula de Astronomía, el desafío radica en transformar esta fascinación innata en una comprensión profunda y significativa de los complejos fenómenos cósmicos. En este contexto, la tecnología educativa se presenta como una aliada, proporcionando herramientas interactivas que permiten a los estudiantes no solo observar, sino también participar activamente en la exploración del cosmos (Oliveira Filho & Olivera Saraiva, 2017). Entre las herramientas tecnológicas disponibles, las simulaciones PhET ofrecen entornos virtuales que capturan la complejidad del universo de una manera accesible y absorbente (Wieman, Adams, Loeblein & Perkins, 2010).

En este artículo, exploraremos cómo la simulación PhET "Mi Sistema Solar" (<https://phet.colorado.edu/es/simulations/my-solar-system>) se convirtió en el puente que conectó a los estudiantes con el concepto de órbita, de una manera que no solo fue educativa, sino también emocionalmente impactante. Las estrategias utilizadas aquí, son parte del inicio de las clases sobre el tema y facilitan la comprensión de los complejos fenómenos cósmicos y también promueven el desarrollo de habilidades y competencias en áreas STEM. Permiten a los estudiantes interactuar con conceptos científicos, utilizar tecnología educativa y aplicar principios matemáticos en la exploración del universo.

## Planificación

El objetivo de la clase, parte del módulo sobre las leyes de Kepler y gravedad en el currículo del curso de Astronomía de nivel universitario, es el describir la influencia de las masas y distancias entre los objetos planetarios en el movimiento de los cuerpos celestes (órbitas). Se utiliza las estrategias didácticas de Indagación con la Clase Entera - similar al "Aprendizaje Basado en Problemas" (ABP) (Rodríguez-Entrena & Bernárdez-Gómez, 2022)-, donde el profesor anima a los estudiantes a explorar los conceptos presentados por la simulación a través de preguntas abiertas y guiadas; y Clases Interactivas Demostrativas (CDI) (Sokoloff & Thornton, 1998) - similar al "Aprendizaje Basado en Investigación" (ABI) -, que posee una "hoja de predicciones" para facilitar a los estudiantes contestar preguntas de predicción que implican dibujar, graficar y escribir, promoviendo conexiones entre diferentes representaciones y modelos.

Estas predicciones se contrastan con los resultados de una demostración, que en este caso se realizó con una simulación PhET. La simulación "Mi Sistema Solar" de PhET (Anexo 1, Figura 1) permite a los estudiantes explorar mediante la interacción, conceptos astronómicos clave, incluyendo la influencia de la posición, la masa, la velocidad y la distancia entre los cuerpos planetarios en sus movimientos y órbitas, proporcionando una representación visualmente rica y precisa.

## Implementación

En ambas estrategias, Indagación con la Clase Entera y Clase Demostrativa Interactiva (CDI), los estudiantes son guiados para investigar y descubrir por sí mismos, aun cuando el profesor es el que dirige la simulación. Durante la presentación de la demostración, se plantean preguntas adicionales a Clase Entera para dirigir la atención de los estudiantes. En la CDI, se les pide que anoten sus ideas usando como base un documento llamado "Hoja de Predicciones" (ver Anexo 3), facilitando así la recolección de datos y su interpretación. Los estudiantes colaboran activamente en la comprensión de los conceptos a través del diálogo y la observación.

Integrando ambas estrategias, el docente comienza presentando a los estudiantes una pregunta o problema significativo para despertar su curiosidad e interés. Posteriormente, los estudiantes formulan hipótesis que se discuten en clase, permitiéndoles escribir sus ideas. Durante una discusión grupal, el docente recolecta todas las predicciones para utilizarlas más adelante en la simulación. Garantizando la participación activa de todos los estudiantes, el docente guía la discusión y fomenta la participación.

Después de recopilar todas las predicciones, el docente utiliza la simulación como punto de partida para la participación activa de los estudiantes. Estos registran sus ideas y observaciones en la hoja de predicciones, ahora sintetizando lo discutido. Durante este proceso, el docente dirige la discusión, asegurando la participación de todos los estudiantes. La hoja de predicciones se utiliza tanto para registrar el progreso como para servir como material de estudio para los alumnos.

Según lo explicado anteriormente, la actividad "Órbitas de los cuerpos celestes" (ver Anexo 2) inicia con una explicación sobre la importancia de las leyes de Kepler para comprender el movimiento planetario. Luego, los estudiantes, organizados en parejas o tríos, se involucran en un componente reflexivo donde realizan predicciones sobre los efectos de cambios en la masa y en la distancia de los planetas antes de observar los resultados en la simulación. Cada

estudiante registra sus ideas de manera individual. Después de discutir las ideas previas de los estudiantes con la clase entera, el profesor presenta la simulación como una actividad grupal (Anexo 1, Figura 2). Durante esta presentación, se plantean dos escenarios: uno para investigar cómo la masa del Sol afecta las órbitas, permitiendo comprender la relación entre masa, gravedad y movimiento orbital; y otro donde los estudiantes exploran cómo la distancia entre el Sol y un planeta afecta su órbita, observando la disminución de la fuerza gravitacional conforme aumenta la distancia, en línea con la ley de gravitación universal de Newton.

### **Resultados y Conclusiones**

Estas clases pueden proporcionar oportunidades para la participación de todos los estudiantes, incluyendo aquellos con estilos de aprendizaje diversos, ya que se trata de una actividad dinámica que se adapta para permitirles interactuar de la manera que mejor se ajuste a sus necesidades, ya sea verbalmente o a través de la escritura, con el respaldo de una herramienta visual. La naturaleza interactiva y participativa de estas clases se observó que puede aumentar la motivación y el compromiso de los estudiantes, dado que se les anima a cuestionar, analizar y sintetizar información. Después de las actividades presentadas aquí, se partió para la comprensión de las ecuaciones y discusiones más amplias acerca de la teoría por detrás de los conceptos visualizados con la simulación. Se notó que la simulación facilitó la comprensión y aplicación de conceptos matemáticos, ya que los estudiantes siempre recurrían a lo que veían en la simulación para ejemplificar los términos de las ecuaciones.

En cuanto a los resultados específicos, durante las discusiones y debates sobre los efectos de las modificaciones en las órbitas (Anexo 1, Figura 2), se observaron momentos de asombro y comprensión al visualizar las complejidades del movimiento planetario.

La utilización de la simulación PhET, combinada con una estrategia didáctica que fomenta preguntas críticas y discusiones, como la Indagación con la Clase Entera y la CDI, facilitó la transformación de teorías abstractas en experiencias visuales. La implementación de metodologías activas en clases de ciencias exactas a nivel universitario resulta algo inusual, ya que, por ejemplo, en la universidad donde se desarrolló la actividad, las clases de los cursos de ciencias exactas son esencialmente tradicionales. Es importante destacar que la recolección de datos fue exclusivamente observacional, y por lo tanto, la ausencia de evidencias tangibles se justifica en la naturaleza de la metodología empleada. Dado lo anterior, esta experiencia resaltó la importancia de incorporar metodologías activas para enriquecer la enseñanza en clases de física a nivel universitario. Para futuras implementaciones, se planea estructurar debates más profundos que impulsen la exploración autónoma de los estudiantes. La exitosa integración de metodologías activas con simulaciones PhET en clases de Astronomía, a pesar de la limitación observacional en la recolección de datos, reveló el potencial transformador de las herramientas interactivas asociadas a enfoques pedagógicos apropiados en el proceso de aprendizaje. De esta manera, se extiende la invitación a otros educadores de exactas a nivel universitario a adoptar estas metodologías, desafiando las percepciones tradicionales y explorando nuevas fronteras en la enseñanza.

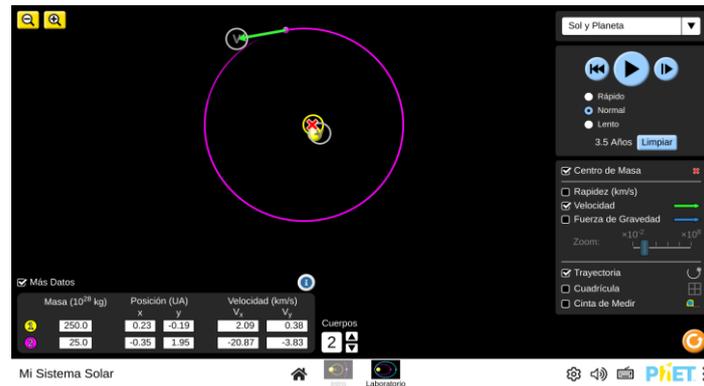
### **Bibliografía**

Berry, A. (2019). *A short history of astronomy*. Good Press.

- Oliveira Filho, K. S., & Oliveira Saraiva, M. F. (2017). *Astronomia e astrofísica*. Editora Livraria da Física.
- PhET Interactive Simulations (2023). *Mi Sistema Solar*. Recuperado de <https://phet.colorado.edu/es/simulations/my-solar-system>
- Rodríguez-Entrena, M. J., & Bernárdez-Gómez, A. (2022). *Metodologías activas para la mejora del aprendizaje en la universidad*. Dykinson.
- Tavares, D. B. L., & Martínez, J. O. (2017). Clases Interactivas Demostrativas con el uso de simulaciones PhET para Mecánica en Preparatoria. *Latin-American Journal of Physics Education*, 11(2), 22.
- Sokoloff, D. R., Thornton, R. K., & Laws, P. W. (1998). Interactive lecture demonstrations. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74.
- Tavares, D. B. L. (2020). Estrategias didácticas para el uso eficaz de simulaciones interactivas en el aula. *Lat. Am. J. Sci. Educ*, 7, 12019.
- Wieman, C. E., Adams, W. K., Loeblein, P., & Perkins, K. K. (2010). Teaching physics using PhET simulations. *The Physics Teacher*, 48(4), 225-227.
- Zeilik, M. (2002). *Astronomy: the evolving universe*. Cambridge University Press.

## Anexos

### Anexo 1:



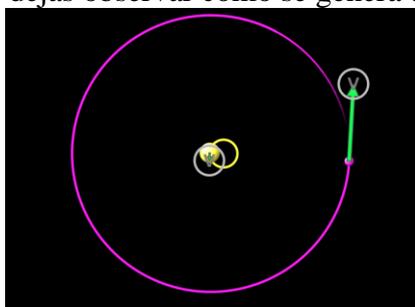
**Figura 1.** Captura de pantalla de la simulación PhET “Mi sistema solar”. En la imagen se presenta una representación visual de un sistema solar simplificado. En el centro de la pantalla, destaca una esfera y un círculo amarillos que simbolizan el sol y su órbita. Orbitando alrededor de la esfera amarilla, hay una esfera más pequeña de color rosa con un círculo más grande, que representa un planeta realizando un movimiento alrededor del sol. (Fuente: Propia, 2023).



**Figura 2.** Implementación de la actividad “Órbitas de los cuerpos celestes”. Los estudiantes discuten acerca de los efectos en las órbitas debido a las modificaciones en la masa de los planetas. (Fuente: Propia, 2023).

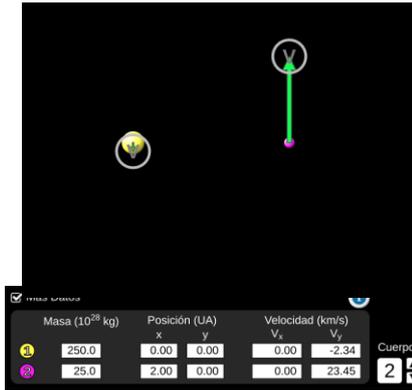
**Anexo 2:****Indagación con la Clase Entera: Órbitas de los cuerpos celestes**

Contenido:	Astronomía
Contexto de la clase (nivel del estudiante, edades, conocimientos previos, necesidades especiales, etc.):	Nivel: Universitario. Carrera: Licenciatura en Física. Sus edades son desde 23 hasta 60 años. Los estudiantes han tenido conceptos tratados previamente de Física elemental. Universidad del interior del país, nueva y con un compromiso regional en la formación docente.
Objetivos de Aprendizaje	Identificar las variables que influyen en la órbita de un planeta.
Simulación PhET (nombre y enlace):	Mi sistema solar <a href="https://phet.colorado.edu/es/simulations/my-solar-system/about">https://phet.colorado.edu/es/simulations/my-solar-system/about</a>

Preguntas para guiar la discusión	Manipulación de la Simulación
<i>Ordena las preguntas de forma coherente según el desarrollo del tema</i>	<i>Describe la configuración de la simulación y el cómo será manipulada al hacer las preguntas y después de obtener las respuestas de los estudiantes</i>
<p>1. ¿Qué pasaría si cambio las distancias?</p> <p>2. ¿Cómo afecta la distancia entre un planeta y el Sol a</p>	<p>Selecciona la ventana “Laboratorio” y elige el sistema “Sol y Planeta” para construir un sistema simple con el Sol y un planeta.</p> <p>Primero los dejas observar cómo se genera una órbita.</p>  <p>Enseguida se empiezan con las preguntas. Con la pregunta 1, iniciaría probando cambiando la distancia al doble y pedirles que describan qué pasó. Después prueba la mitad, y otras cosas que los estudiantes sugieran. Tras muchos intentos, se hace la segunda pregunta para hacer conclusiones.</p>

la forma de su órbita?

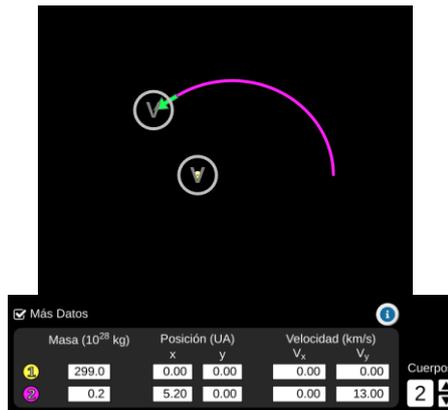
3. ¿Qué pasaría si cambio las velocidades?
4. ¿Cómo afecta la velocidad en la forma de sus órbitas?
5. ¿Qué pasaría si la masa de la estrella es más pequeña que la del planeta?
6. ¿Y si sus masas son iguales?
7. ¿Cómo afecta la masa en la forma de sus órbitas?
8. ¿Qué pasaría si pongo dos planetas en órbita?



Con la pregunta 3, cambia a distintas velocidades (mayor y menor de la inicial en la simulación) y pídeles que describan lo que pasó. Después se hace la pregunta 4 para hacer conclusiones.

Con la pregunta 5, manipula la simulación de acuerdo con las sugerencias de los estudiantes y las respuestas a las preguntas. Ponga los datos del Sol y de Júpiter, para mostrarles algo más “real”.

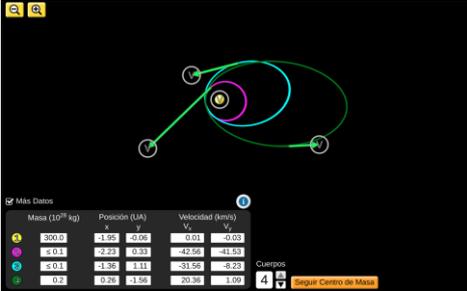
Considere la pregunta 6, cambia los datos en la simulación y pide a los estudiantes que expliquen qué creen que ha pasado.



Con la pregunta 8, elija el sistema “elipses” y vea qué pasa.

Después, cambia las masas: en 1, ponga datos reales de la masa del Sol, en 2 y 3, deja las masas menores que 0,1 para representar dos planetas más ligeros que Júpiter y en 4, ponga 0,2 para que represente Júpiter.

9. ¿Existe alguna relación entre la órbita de un planeta y su velocidad orbital?



Analiza que pasa.

Al final, para hacer conclusiones, se hace la pregunta 9.

**P.D.:** Para cada configuración, permita que los estudiantes describan lo que está sucediendo en la simulación. Pide que presten atención a la posición del Sol y del planeta.

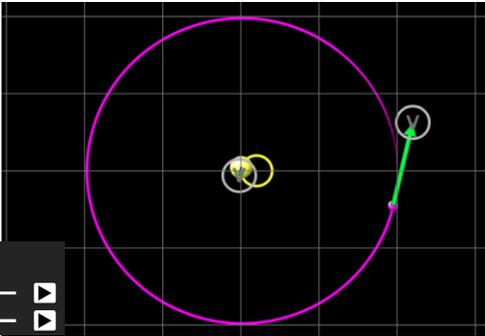
**Anexo 3:**

**Hoja de Predicciones para los estudiantes: Órbitas de los cuerpos celestes**

Objetivo de Aprendizaje:

- Predecir cómo la masa y la distancia entre los cuerpos planetarios afectan sus órbitas.

**Escenario:** Considera las condiciones iniciales mostradas en la imagen de la izquierda y que generan la órbita de la derecha:

Masa

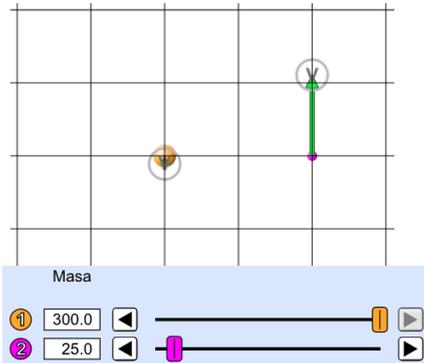
1 250.0

2 25.0

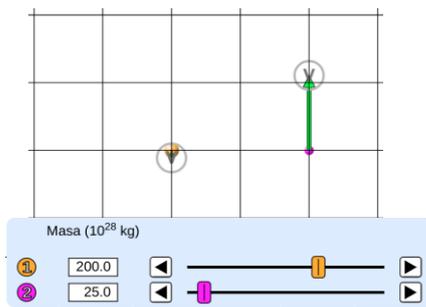
**Predicción 1:**  
Se cambia la masa del Sol, ¿Qué pasa con la órbita de los cuerpos? Dibuja tu predicción en los escenarios A) y B).

## Contesta tus predicciones

## A) La masa del sol incrementa



## B) La masa del sol disminuye

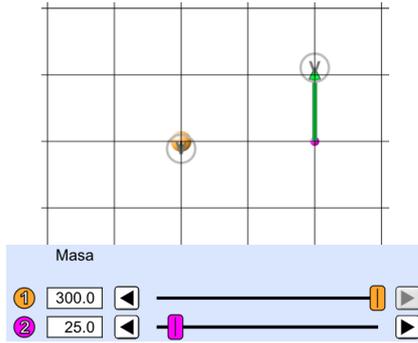


## Describe tu razonamiento inicial:

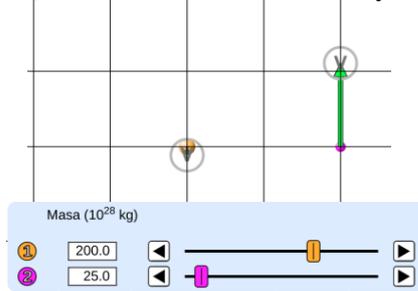
Se muestra el resultado con la simulación

**Resultados y discrepancias**

A) La masa del sol incrementa



B) La masa del sol disminuye

**Explicación Final****Conclusión**

**Escenario:** Considera las condiciones iniciales mostradas en la imagen de la izquierda y que generan la órbita de la derecha:

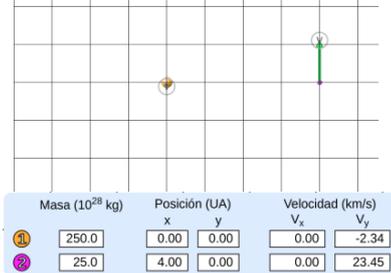


**Predicción 2:**

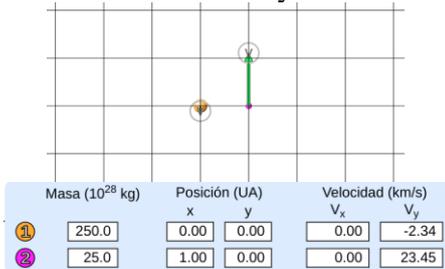
Se cambia la distancia entre el Sol y el planeta, ¿Qué pasa con la órbita de los cuerpos? Dibuja tu predicción en los escenarios C) y D).

**Contesta tus predicciones**

C) La distancia incrementa

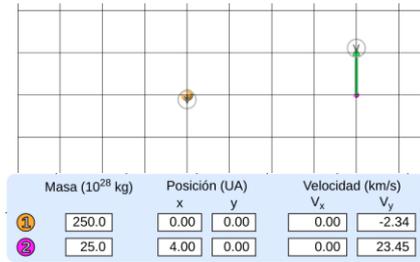
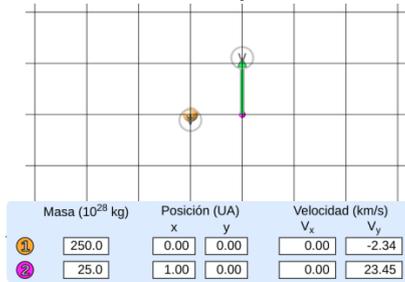


D) La distancia disminuye



Describe tu razonamiento inicial:

Se muestra el resultado con la simulación

**Resultados y discrepancias****C) La distancia incrementa****D) La distancia disminuye****Explicación Final****Conclusión**