

# Eureka en las aulas: del aprendizaje por descubrimiento al descubrimiento del aprendizaje

## Eureka in classrooms: from discovery learning to discover learning

Carlos Alesandretti<sup>1\*</sup>, Marcos Martín<sup>2</sup>, Yudith Mamaní Cáceres<sup>1</sup>, Andrea Quinteros<sup>1</sup>, Daniel Vitulli<sup>1,3</sup>, Yesica Zerpa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Superior del Profesorado de Salta N° 6005, Av. Entre Ríos 1851, Salta, Argentina.

<sup>2</sup>Instituto de Educación Media “Dr. Arturo Oñativia”, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Salta, Av. Bolivia 5150, Salta, Argentina.

\*E-mail: [alessandrettic@gmail.com](mailto:alessandrettic@gmail.com)

### Resumen

Este trabajo describe una experiencia de investigación-acción llevada adelante por un grupo de docentes y estudiantes pertenecientes al Profesorado de Física de Salta, cuyo objetivo inicial fue analizar la efectividad en las aulas de una propuesta de indagación experimental, destinada al nivel secundario, que tenía como eje el descubrimiento de las relaciones de equilibrio rotacional en un cuerpo rígido y el principio de Arquímedes. Del diseño previo de las actividades y de su posterior implementación en diversas instituciones educativas, participaron estudiantes de la Práctica III del Profesorado, lo que llevó a que el proceso fuera adoptando una metodología particular que articulaba el trabajo en las aulas de nivel secundario y la posterior reflexión en las aulas del Profesorado. La experiencia fue dejando múltiples elementos para el análisis, en relación a las posibilidades de implementar estrategias que promuevan el aprendizaje por descubrimiento en la enseñanza de la física y en relación a las ventajas que este tipo de acciones pueden aportar a todos los actores involucrados en la experiencia.

**Palabras clave:** Investigación-acción; Descubrimiento; Aprendizaje.

### Abstract

This work describes an action research experience carried out by a group of teachers and students from the Physics Teaching Program of Salta. The initial objective was to analyze the effectiveness in classrooms of an experimental inquiry proposal aimed at the secondary level, centered on the discovery of the relationships of rotational equilibrium in a rigid body and Archimedes' principle. Students from the Practice III course of the Teaching Program participated in the prior design of the activities and their subsequent implementation in various educational institutions. This led to the process adopting a particular methodology that integrated work in secondary school classrooms with subsequent reflection in the Teaching Program classrooms. The experience provided multiple elements for analysis regarding the possibilities of implementing strategies that promote discovery learning in the teaching of physics and the advantages that such actions can offer to all actors involved in the experience.

**Keywords:** Action-research; Discovery; Learning.

## I. INTRODUCCIÓN

La experiencia que presentamos en este trabajo describe la etapa inicial de un proceso de investigación-acción, impulsado por un conjunto de docentes de Física que conformamos *Física en chancletas*: un grupo vocacional de docentes y estudiantes vinculados al Profesorado de Física del Instituto de Educación Superior N° 6005 de Salta, que intentamos producir cambios superadores en la enseñanza de la física, a través de la implementación de acciones directas, que se materializan en talleres, capacitaciones o guías de actividades, con el objetivo puesto en la llegada concreta y efectiva a las clases de Física de todos los niveles educativos (Alessandretti, Mamaní Cáceres, Martín, Vitulli y Zerpa, 2023)

Nos propusimos, en esta ocasión, realizar el seguimiento en las aulas de una actividad de indagación experimental con eje en el “descubrimiento”, poniendo a prueba la efectividad de la propia actividad, pero también intentando poner a prueba una cuestión más profunda: hasta qué punto podrían aproximarse estudiantes secundarios al descubrimiento de relaciones físicas concretas, como la relación entre fuerzas y puntos de apoyo en una palanca en equilibrio (equilibrio rotacional) o la relación entre el empuje recibido y el fluido desplazado por un cuerpo sumergido (principio de Arquímedes); sin el conocimiento previo de estas relaciones, a partir de una secuencia de indagación experimental guiada que les permitiera ponerlas en evidencia a través de mediciones concretas y percibiendo los fenómenos de manera directa.

La intención de llegar a la mayor cantidad y diversidad posibles de estudiantes secundarios, nos llevó a una decisión que le iba a dar una variante muy particular a este proceso: surgió la idea de que las actividades fueran llevadas a cabo en las aulas de secundario por estudiantes de la Práctica III del Profesorado de Física (a cargo de dos docentes de este grupo de autores), a través de talleres conducidos y orientados por equipos de trabajo conformados por los propios estudiantes. Esta implementación, además, funcionaría como la primera práctica áulica de la carrera a la que accederían estos estudiantes, a quienes también se les otorgó un rol activo en partes del diseño y organización de las actividades.

Éramos conscientes de que esta decisión nos llevaría a perder control sobre la implementación de la actividad y sobre la evaluación de los resultados, se abrirían muchas otras variantes en el proceso al incorporar también la dimensión de la práctica áulica. La experiencia ya no tendría un eje único, ni dos, se volvería más compleja e impredecible. Pero sostuvimos la decisión de ir por ahí. Nuestro grupo se caracterizó desde los inicios por tomar caminos poco convencionales, o de rumbar para donde no hay ningún camino. Esta no iba a ser la excepción.

## II. ¿A QUÉ LLAMAMOS “APRENDIZAJE POR DESCUBRIMIENTO”?

Jerome Bruner concibe al aprendizaje por descubrimiento, en la década de 1960, como un enfoque educativo de base constructivista, que promueve la construcción del conocimiento a través de la exploración y la indagación, enfatizando la importancia de que los estudiantes interactúen activamente con los fenómenos, formulando preguntas y buscando respuestas por sí mismos, en lugar de recibir información de manera pasiva; y promoviendo el desarrollo de habilidades críticas y de resolución de problemas, a medida que analizan, interpretan y aplican la información obtenida a través de las experiencias propias (Barrón Ruiz, 1993; Camargo Uribe, Hederich Martínez, 2010). Este enfoque incorpora el error como un elemento propicio para el aprendizaje, ya que conduce a nuevas conjeturas y descubrimientos, permitiendo la autorregulación del proceso de aprendizaje y el desarrollo de nuevas construcciones intrapsíquicas (Barrón Ruiz, 1993; Campanario y Moya, 1999).

El aprendizaje por descubrimiento puede tener una gran diversidad de categorías o matices, desde el ideal de un proceso totalmente autónomo, en el cual los estudiantes desarrollan su propia indagación y diseñan sus propias experiencias, hasta procesos más guiados, en los cuales el camino de indagación y experimentación ya se encuentra trazado de antemano, y se deja al estudiante la posibilidad de elaborar sus propias hipótesis y descubrimientos dentro de un marco más acotado (Barrón Ruiz, 1993; Eleizalde, Palomino, Reyna y Trujillo, 2010)

En la experiencia de indagación en el aula que intentamos poner a prueba, nos inclinamos por una propuesta que se aproxima más a la segunda opción, trabajando sobre guías diseñadas de antemano, que fueran llevando a los alumnos a través de un proceso de experimentación pautado, pero con resultados inciertos para ellos; poniendo énfasis en lograr respuestas anticipatorias a cada una de las situaciones experimentales, que pudieran funcionar como hipótesis, que luego deberían revisarse con la experimentación. El proceso en su totalidad debía conducir a los alumnos a descubrir por sí mismos esas relaciones o soluciones buscadas, mediante una secuencia inductiva; es decir, la generalización de la relación podría alcanzarse a partir de evidenciarla en casos particulares.

Obviamente, este esquema nos alejaría de lo que podríamos llamar un aprendizaje por descubrimiento “puro”, pero nuestro objetivo no estuvo puesto en adecuarnos a concepciones teóricas predeterminadas, sino, más bien, en recuperar el término “descubrimiento” en su significado más elemental, como el encuentro o manifestación de algo

que estaba oculto o era desconocido, o como la observación novedosa u original de algún aspecto de la realidad: El “Eureka” de Arquímedes saltando de la bañera al encontrar por sí mismo una idea nueva, que le abrió paso a otro nivel de comprensión.

En la propuesta de trabajo que planteamos, consideramos también el aspecto social del aprendizaje como un eje de relevancia, partiendo de la base de que el aprendizaje no puede considerarse como un proceso aislado y que el intercambio entre pares puede ser motivador y enriquecedor (Brunner, 1971). Las guías de trabajo fueron pensadas para ser trabajadas de manera grupal, de manera que se promoviera la discusión y el intercambio de ideas dentro de cada grupo de alumnos (Furman, 2023), y el diseño previo de las guías y su implementación en las aulas fue pensado también como un trabajo de equipo entre los estudiantes del profesorado y sus docentes.

Teníamos entonces nuestras preguntas de base para encarar el proceso: ¿Podemos esperar que estudiantes de secundario descubran algo nuevo para ellos por sí mismos? ¿Podemos lograr auténticos “Eurekas” en las aulas de Física? Pero sabíamos que el proceso mismo podría ir generando nuevas preguntas en el andar: ¿qué otros aspectos originales o novedosos podían aparecer en esta experiencia? El descubrimiento estaba abierto, no solo para los alumnos que trabajarían en las actividades, sino también para los estudiantes del profesorado que las pondrían en práctica, y para los propios docentes que pusimos en marcha esta experiencia.

### III. ACCIONES PARA UNA INVESTIGACIÓN

En paralelo al eje del descubrimiento que planteamos para este trabajo, se nos presentaba un segundo eje de análisis, que era el de poner a prueba una actividad de indagación experimental en contextos educativos diferentes, analizando la efectividad de la propia actividad para los objetivos que nos habíamos planteado. Desde este punto de vista es que podemos encuadrar la totalidad de este proceso como una investigación-acción.

La investigación-acción no tiene como objetivo producir conclusiones, sino cambios. En nuestro caso, cambios en los modos de enseñar física, y en el sentido mismo de lo que significa enseñar y aprender física (Alessandretti *et al.*, 2023). En una primera instancia, nos enfocamos en diseñar actividades para las clases de Física que permitieran a grupos de estudiantes de secundaria evidenciar, de manera experimental, las relaciones generales que establecen el equilibrio rotacional de un cuerpo rígido y el principio de Arquímedes. Estas actividades serían puestas a prueba en diferentes contextos de educación secundaria, con el objetivo de evaluar su potencial real para permitirles a los estudiantes “descubrir” por sí mismos estas relaciones.

En esta primera etapa, se generó un trabajo conjunto entre dos espacios curriculares del Profesorado de Física: Problemática de la Enseñanza de la Física y Práctica III, ambas materias del tercer año de la carrera que compartían el mismo grupo de aproximadamente 15 estudiantes. En el espacio de Problemática se trabajó principalmente en el diseño y puesta a prueba de las actividades y dispositivos experimentales; proceso en el cual, los estudiantes se fueron involucrando de menor a mayor, quedando a cargo de ellos la etapa final del diseño de las secuencias experimentales y guías de trabajo correspondiente. A la par, en el espacio de Práctica III, se trabajó en la organización de la implementación de estas actividades: grupos de trabajo, tiempos, planificación de la secuencia en el aula, etc. También, durante esta etapa, se realizaron puestas a prueba de las guías y de los dispositivos en talleres internos abiertos, en los que participaron otros estudiantes de la carrera que no eran parte de este proceso, lo que permitió corregir inconvenientes diversos: en las consignas de las guías, en los diseños y armados de los dispositivos, en la organización de las secuencias, etc.

Con estas acciones, los estudiantes de Práctica fueron tomando un rol docente que no era el habitual de estar al frente de una clase explicando cosas, sino el de diseñar y poner a prueba actividades de indagación para el aula. Trabajando, además, en equipos conformados por pares, intercambiando ideas y experiencias, algo que tampoco suele ser habitual en el trabajo docente.

Al finalizar esta etapa, se había logrado el diseño de dos guías de trabajo para desarrollar una secuencia de indagación experimental, en la que se trabajaría sobre una varilla de madera colgante, sobre la cual deberían experimentarse diversas condiciones de equilibrio colgando pesas (botellas o frascos con arena) en ambos lados.

La primera guía conducía, en primera instancia, a descubrir la relación entre dos masas ( $m_1$  y  $m_2$ ) y sus distancias al punto de apoyo ( $d_1$  y  $d_2$ ), que permitía lograr el equilibrio rotacional en todos los casos experimentados previamente (Figura 1).

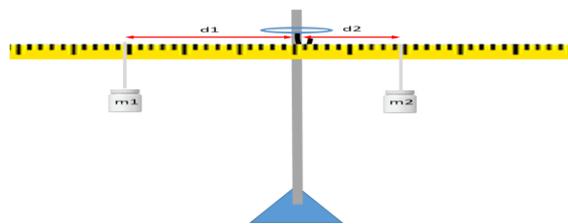


FIGURA 1. Varilla equilibrada con dos masas ( $m_1$  y  $m_2$ ).

Una vez descubierta la relación buscada, la guía presentaba dos situaciones problemáticas: la primera consistía en obtener la masa de un objeto desconocido (celulares, cartucheras, etc.) en equilibrio con una masa conocida. El segundo problema era lograr transformar la varilla misma, con una masa de referencia, en una balanza de medición directa. En ambos casos, los resultados debían ponerse a prueba comparando los datos obtenidos de manera experimental para el valor de la masa desconocida de un objeto, con la medición en una balanza digital de la masa del mismo objeto. La parte final de esta secuencia proponía repensar y experimentar el equilibrio como un equilibrio entre fuerzas (no solo entre masas) y sus distancias al punto de apoyo, permitiendo ampliar la relación obtenida a una relación de equilibrio de una palanca simple, tal como la concibió el propio Arquímedes.

La segunda guía, partía de la utilización del mismo dispositivo diseñado en la primera guía: la varilla de madera con una pesa de referencia (100 g) que permitía medir masas y fuerzas. Y se planteaba ahora la cuestión sobre qué ocurriría cuando el objeto desconocido (una piedra en este caso) fuera sumergido completamente en agua (Figura 2).

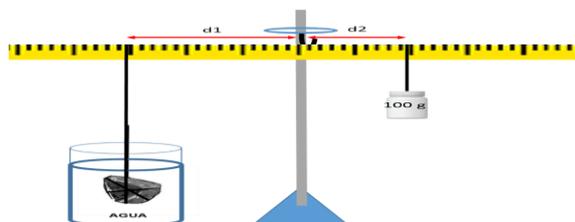


FIGURA 2. Varilla equilibrada con el objeto sumergido.

La guía proponía una secuencia de experiencias y mediciones que permitiría encontrar una relación entre el volumen desplazado al sumergir la piedra, la masa de este mismo volumen de agua, y la diferencia de medida que registraba la balanza al sumergir la piedra (empuje hacia arriba). Es decir, si se lograban las mediciones correctas, quedaría en evidencia el Principio de Arquímedes.

Con las dos guías finalizadas, los dispositivos y materiales listos y ordenados, con las puestas a prueba y sus posteriores correcciones ya realizadas, y con la incertidumbre de lo que podría resultar de todo esto, se inició la etapa de implementación en las aulas.

#### IV. ARQUÍMEDES ENTRA AL AULA (Y SALE RENOVADO...)

Durante todo el proceso de implementación, que duró 6 semanas aproximadamente, se pudieron llevar a cabo las actividades en cuatro instituciones secundarias diferentes: una escuela secundaria pública semi rural (Colegio N° 5149 de la localidad de La Silleta), una escuela secundaria pública tradicional de la ciudad de Salta (Colegio N° 5080, Ex Nacional), otro colegio secundario privado tradicional de Salta (Colegio N° 8007 Gral. Belgrano) y una escuela secundaria técnica de zona suburbana de la ciudad de Salta (E.E.T N° 3118), llegando a un total de aproximadamente 180 alumnos secundarios, en 6 cursos. En todos estos casos se trabajó con cursos de nivel superior (alumnos de entre 14 y 16 años), y los talleres en los cuales se implementaron las actividades estuvieron a cargo de grupos de tres o cuatro estudiantes de Práctica III del Profesorado, con el acompañamiento de algunos de los profesores que llevamos adelante este proceso y también de algunos estudiantes de la Práctica que participaban, en estas instancias, como observadores. Se nos presentaron, además, oportunidades de implementación en otros contextos diferentes a las aulas de secundario y decidimos incorporarlas a la experiencia. En un primer caso, con estudiantes del 4to año del Profesorado de Matemática del Instituto 6005 (8 estudiantes) y el segundo caso, ya hacia el final del proceso, con los estudiantes secundarios que participan en el taller abierto "Física al alcance de todos", que se desarrolla en la

Universidad Nacional de Salta. En este último caso, se trabajó con un total de aproximadamente 50 estudiantes, que participan del grupo de preparación para Olimpíadas de Física.

Tal como lo preveíamos, el proceso de implementación no fue para nada lineal o sistemático. Desde el arranque de las actividades fue quedando en evidencia que el desarrollo mismo de las actividades y sus resultados estarían influenciados por múltiples factores relativos a cada contexto: las características del grupo de alumnos de secundaria, la institución, el espacio de trabajo, el profesor a cargo de ese grupo, etc.; pero también dependerían de cómo se lleve adelante la organización e implementación de los talleres por parte de los estudiantes de Práctica, de la efectividad de las guías diseñadas y de los dispositivos experimentales preparados. Todo esto nos llevó, a los docentes que orientábamos el proceso desde el Profesorado, a generar espacios de reflexión, discusión e intercambio dentro de las clases de Práctica III y Problemática, a medida que cada uno de los grupos iban llevando a cabo sus prácticas en estos talleres, lo que dio inicio a un proceso paralelo al trabajo en las aulas del secundario, en el cual los estudiantes de Práctica y sus docentes, comenzamos a ser conscientes de que también nosotros estábamos transitando un camino propio de exploración e indagación, con nuestras propias preguntas, hipótesis y experimentos que se ponían en juego en cada instancia en la que se implementaban las actividades. Por un lado, con el enfoque puesto en lo que sucedía con los alumnos de secundaria que llevaban a cabo las actividades: ¿Lograban organizarse de manera autónoma para llevar adelante las secuencias planteadas en las guías?, ¿se animaban a plantear hipótesis propias y ponerlas a prueba?, ¿descubrían las relaciones buscadas, a partir de la experimentación?, ¿disfrutaban de lo que hacían...? Las puestas en común y análisis en las aulas del Profesorado, ponían en juego este tipo de preguntas y, a partir de este intercambio, los estudiantes de la Práctica comenzaban a percibir otra dimensión de análisis para el proceso que estaban llevando a cabo: dejaban de observarse a ellos mismos haciendo una práctica, para comenzar a observar lo que sucedía en los alumnos de secundaria que trabajaban en los talleres; estaban dejando de ser solo estudiantes y comenzaban a ser docentes en formación. Pero también, en este intercambio, surgía otro enfoque para analizar lo que sucedía en las aulas: ¿Era consistente la secuencia de trabajo planteada?, ¿se entendían las consignas?, ¿funcionaban de la manera esperada los dispositivos experimentales? Este análisis fue permitiendo que, a medida que se avanzaba con la implementación de las actividades en los primeros cursos, se fueran detectando problemas y posibilidades de mejora en todos estos aspectos. Las guías, las secuencias, los dispositivos y la organización de las actividades en general, fueron entrando en un proceso de mejora progresivo, que resultó en que las últimas implementaciones fueran bastante diferentes a las iniciales. Cuando en la etapa final de este proceso, los seis autores de este trabajo implementamos las actividades en el taller “Física al alcance de todos”, la guía y la secuencia de trabajo se habían transformado en algo muy diferente a las primeras que se implementaron en la escuela secundaria de La Silleta; y, a partir de los resultados logrados, podríamos decir que también más efectivas: la investigación-acción estaba en marcha.

Como dijimos al comienzo, el proceso que encaramos fue tomando características complejas y cambiantes, por lo que sería pretencioso encarar algún tipo de conclusión general. Pero creemos que esta dinámica de intercambio y reflexión que fue teniendo lugar en las clases del Profesorado, a partir de lo que sucedía en las clases de secundaria y en los talleres, le aportó una riqueza que vale la pena considerar y analizar. De todos modos, no nos queremos alejar de la intención inicial que dio origen a esta experiencia: preguntarnos si estudiantes de secundaria podrían descubrir por sí mismos relaciones físicas generales a partir de una secuencia de indagación experimental. Y alrededor de esta cuestión estará la primera parte de nuestro análisis. Pero nos reservamos también otras dimensiones de análisis a partir de los que el proceso mismo nos fue dejando, y las pensamos también como descubrimientos, que les fueron sucediendo a los estudiantes de Práctica y también a los profesores a cargo de esta experiencia.

## V. ¿QUÉ DESCUBRIERON LOS ALUMNOS QUE REALIZARON EL TALLER?

Según nuestras estimaciones previas, las instancias de descubrimiento que se pondrían a prueba en los grupos de alumnos a través de las actividades, planteadas como interrogantes, serían las siguientes:

1. ¿Podrían descubrir la expresión matemática:  $m_1 \cdot d_1 = m_2 \cdot d_2$  (o alguna expresión equivalente) que generalice todos los casos de equilibrio registrados experimentalmente?
2. ¿Serían capaces de aplicar la relación anterior para obtener el valor de una masa desconocida mediante algún procedimiento experimental y matemático?
3. ¿Lograrían encontrar una metodología posible para transformar el dispositivo en una balanza de medición directa?
4. ¿Podrían aproximarse al principio de Arquímedes teniendo a mano las mediciones experimentales apropiadas, estableciendo relaciones entre la variación registrada por la balanza y la masa del volumen de agua desplazado?

Si bien, como lo mencionamos anteriormente, los contextos fueron intencionalmente diversos y las guías de indagación se fueron modificando a través del proceso, estos ejes de trabajo se mantuvieron constantes. Y de acuerdo

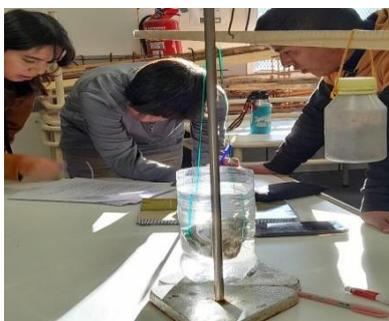
con nuestras observaciones, puestas en común y análisis posteriores sobre las guías elaboradas, llegamos a las siguientes consideraciones en cada una de las instancias planteadas:

1. La mayoría de los grupos de alumnos lograron llegar a la formulación de la expresión  $m_1 \cdot d_1 = m_2 \cdot d_2$ , ó a alguna equivalente. En ningún caso fue necesario indicar la relación de manera completa, pero en algunos grupos y contextos, aparecieron dificultades para la formulación matemática propiamente dicha. En estos casos llegaban antes a la relación de modo intuitivo, pudiendo estimar correctamente las medidas aproximadas de las masas; pero el “salto” hasta la expresión abstracta les resultaba demasiado grande. Podríamos decir que, algunos grupos encontraron solos el camino hasta “descubrir” esta relación, a otros se les tuvo que indicar este camino, y otros grupos necesitaron ser “llevados de la mano”. También se hizo evidente que, a medida que transcurrían los talleres, y mejoraba la eficacia de la guía y de su implementación, también mejoraban los resultados en el “descubrimiento” de parte de los alumnos. Esto relativiza los resultados obtenidos y pone en evidencia que, lo que los alumnos descubren o no, está ligado a las condiciones que se les proponen para ese descubrimiento.

2. Una vez incorporada la relación anterior, la gran mayoría de los grupos de alumnos fueron capaces de resolver el problema de la obtención de una masa desconocida. También en esta ocasión, algunos grupos necesitaron mayor orientación sobre los pasos matemáticos que se podían aplicar. Aunque también en esta instancia se evidenciaba que la relación física se incorporaba antes que la matemática, esto se observaba en el manejo intuitivo que los alumnos lograban de las relaciones de equilibrio y en la capacidad de estimar correctamente los valores, antes de realizar los cálculos. En esta parte de la actividad, se percibía un entusiasmo especial cuando los alumnos lograban “acertar” con el valor de la masa desconocida; cuando solo mediante cálculos y mediciones previas podían llegar a predecir lo que iba a medir la balanza digital.

3. Esta instancia en las que se les solicitaba transformar el dispositivo en una balanza de medición directa generó complicaciones para su resolución de manera autónoma. Y era lo que preveíamos de antemano, ya que es un problema abierto, que requiere de una síntesis de abstracción importante. En este caso, decidimos guiar la llegada a una solución particular con una serie de sugerencias: cuál podía ser la masa de referencia más efectiva, en qué posición sería conveniente ubicar el objeto a pesar, etc. También aquí, una vez que aparecía la idea, resultaba sorpresivo y motivador para los alumnos darse cuenta de que esa varilla con botellas colgando, podía ser también una balanza.

4. Ya desde las primeras implementaciones, nos fuimos dando cuenta de que el “descubrimiento” del Principio de Arquímedes no iba a ser algo tan sencillo; si bien las mediciones permitían hacer aparecer la relación completa para formularlo, lo cierto es que esta relación aparecía como algo forzado, sin conexión aparente, como simplemente un número que se repite. Pero encontramos que el descubrimiento que sí se puso en escena en esta instancia, por parte de los alumnos, fue la comprobación de que la piedra sumergida en agua efectivamente “pesaba menos” (experimentaba un empuje hacia arriba). Las hipótesis previas que presentaban los alumnos, y esto se notó más allá de la diversidad de contextos y momentos, no conducían necesariamente a esa idea: algunos se inclinaban por proponer que la piedra sumergida iba a “pesar más”, porque el agua que estaba encima la empujaba hacia abajo; otros tantos anticipaban que la medición no cambiaría, ya que la masa de la piedra no cambiaba; y los grupos que lograban la predicción correcta, lo hacían generalmente pensando en la experiencia sensorial de que “dentro del agua pesamos menos”. Las discusiones e intercambios previos a la elaboración de las hipótesis, la contrastación de las hipótesis con la experimentación, y las posteriores reflexiones sobre la explicación de los resultados obtenidos, en esta instancia, fueron una de los momentos más interesantes de todo este proceso (Figura 3).



**FIGURA 3.** Estudiantes del taller en la actividad con la piedra sumergida.

A partir de la observación de los talleres y también a partir del intercambio posterior con los propios alumnos de secundaria que trabajaron en las actividades, consideramos que hubo otra clase de descubrimientos, no previstos, y más sutiles, que aparecieron en los alumnos a partir de estas actividades; por ejemplo: que se puede aprender mucho en la discusión y el intercambio de ideas entre pares, aprender incluso a cambiar de punto de vista; que pueden pensar

por sí mismos, sin esperar información previa, y que la prueba experimental es una manera muy efectiva de poner a prueba lo que se piensa; que los errores no son malos, ya que nos permiten saber por dónde no debemos ir y nos acercan a la solución; que casi siempre las buenas preguntas son más importantes que las respuestas; y también, por qué no, descubrieron que aprender física puede ser muy entretenido.

## VI. ¿QUÉ DESCUBRIERON LOS FUTUROS DOCENTES?

Los estudiantes de la Práctica III fueron actores importantes de este proceso, por lo cual nos interesaban particularmente sus reflexiones, y les propusimos trabajarlas también a partir de la idea del descubrimiento: ¿Qué aspectos novedosos se les habían revelado en este proceso? Sus propios comentarios reflejaron las siguientes ideas:

Descubrieron, en contra de sus propios preconceptos, que los alumnos de secundaria, cuando se les da la oportunidad, logran pensar por sí mismos, se involucran, experimentan, y hasta disfrutan en ese proceso.

Tomaron conciencia de que ser docentes es algo bastante más complejo de lo que preveían; ya que no se trata solamente de pararse frente a un aula a explicar lo que sabemos. Elaborar una guía experimental, diseñar una secuencia de actividades, organizar tiempos y materiales, trabajar y compartir ideas en equipo, les resultó un proceso arduo que implicó mucho esfuerzo. Pero también un proceso enriquecedor, con múltiples aprendizajes.

Descubrieron que enseñar física es una manera muy efectiva para aprender física, ya que, para enseñar conceptos y relaciones físicas, tenemos que buscar estrategias que nos obliguen a profundizar en esos conceptos y relaciones; y esto abre las puertas de nuevos aprendizajes, sobre física, y sobre cómo enseñarla.

Y descubrieron que enseñar no tiene recetas, que es una búsqueda permanente, donde cualquier clase puede ser un experimento que nos obliga a reelaborar nuestras hipótesis sobre la enseñanza.

## VII. ¿QUÉ DESCUBRIERON LOS PROFESORES DE FÍSICA?

Para nosotros mismos, los integrantes del grupo Física en chancletas, el método de trabajo para poner a prueba actividades para el aula que surgió de esta experiencia, resultó ser muy efectivo. En nuestras experiencias anteriores, este proceso seguía un camino mucho más arduo y más lento, llevado a cabo generalmente de manera aislada y en nuestras propias clases. La opción de llegar a las aulas de manera intensiva, a través de equipos de trabajo compuestos por estudiantes de Profesorado, junto a sus docentes como observadores, nos permitió encontrar una metodología de puesta a prueba y mejora de las actividades rápida y eficiente, donde las puestas en común y evaluaciones que se iban haciendo a la par en las clases del Profesorado resultaron un valioso aporte. Además, esta opción resultó beneficiosa para todas las partes: Los estudiantes de Práctica tuvieron su primera experiencia en el aula en equipos (no en soledad) y a través de una actividad desafiante y estimulante, que les dejó una impresión positiva sobre lo que se puede lograr en un aula de Física si se proponen actividades que también desafíen y estimulen a los alumnos. Para los docentes a cargo de la Práctica fue una oportunidad muy valiosa para observar y evaluar a sus estudiantes en una gran diversidad de acciones. Y para los propios alumnos de los cursos que llevaron a cabo las actividades y para sus profesores, fue una modalidad interesante, con una metodología distinta y con gente distinta, que generaron situaciones propicias y motivadoras para nuevos aprendizajes.

Otra observación que queremos resaltar, y que en realidad es un redescubrimiento de algo que ya experimentamos en muchas oportunidades, es el hecho concreto de que los estudiantes de secundario, en su totalidad (y no exageramos al usar este término), responden con entusiasmo ante este tipo de propuestas en las cuales se los coloca en un rol activo. Mas aún, y esto no deja de llamarnos la atención, en tiempos de la inteligencia artificial y la realidad virtual, muestran un entusiasmo particular en la experimentación con elementos y fenómenos concretos. Obtener un equilibrio real y visible entre dos pesas a ambos lados de una varilla de madera, pudiendo experimentar el efecto de una fuerza con los dedos, evidentemente, no se percibe de la misma manera que equilibrar pesas en un simulador, y mucho menos que resolver un problema de equilibrio en la carpeta.

Y finalmente, si nos focalizamos en lo que fuimos a buscar inicialmente con este trabajo, más allá de lo complejo que resulta evaluar resultados en una experiencia tan diversa como la que relatamos, un análisis general del proceso nos permite decir que el camino del aprendizaje por descubrimiento, en la enseñanza de la física, no debería considerarse clausurado. Más allá de discutir sobre qué es o qué no es aprendizaje por descubrimiento (Barrón Ruiz, 1993), la física nos brinda una gran cantidad de relaciones simples, pero a la vez profundas, que pueden manifestarse de manera directa en fenómenos experimentales. En nuestro caso, tomamos dos de estas relaciones clásicas. Pero podemos extendernos a otras ramas de la física y trabajar estrategias de indagación experimental que nos permitan encontrar otras relaciones, por ejemplo, en el cambio de la distancia recorrida para intervalos regulares de tiempo que experimenta un cuerpo cayendo sobre un plano inclinado, o en la variación de temperatura que experimentan

dos sistemas en contacto térmico, o en el ángulo de desviación de un rayo láser al ingresar al agua, o en cómo se comporta una brújula en las proximidades de un conductor eléctrico. Sabemos que no hay nada de original en la lista de experimentos que estamos proponiendo, pero sí creemos que se puede y se debe seguir innovando en las estrategias que utilizamos para que nuestros alumnos lleguen a las relaciones físicas involucradas en estos procesos. Démosles la oportunidad de descubrirlas, antes de contárselas y explicárselas. Esta experiencia nos mostró que no importa tanto si llegan o no a descubrirlas de manera efectiva; el camino hacia el descubrimiento es en sí mismo valioso y propicia mejores aprendizajes. Y eso hace que valga la pena.

## REFERENCIAS

Alessandretti, C., Mamaní Cáceres, Y., Martín, M., Vitulli, D. y Zerpa, Y. (2023). Física en chancletas: investigación en acción, en acción. *Revista De Enseñanza De La Física*, 35, 9–13.

Recuperado de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/43253>

Barrón Ruiz, A. (1993). Aprendizaje por descubrimiento: Principios y aplicaciones inadecuadas. *Revista Enseñanza de las ciencias, Capítulo Investigación y Experiencias Didácticas*, 11(1), 3-11.

Recuperado de <https://es.slideshare.net/slideshow/aprendizaje-por-descubrimiento/47702516>

Bruner, J. (1971). Cultura y desarrollo cognitivo. En *La importancia de la educación* (35-66). Barcelona: Ediciones Paidós.

Camargo Uribe, A. y Hederich Martínez, C. (2010). Jerome Bruner: Dos Teorías Cognitivas, dos formas de Significar, dos enfoques para la Enseñanza de la Ciencia. *Psicogente*, 13(24), 329-346.

Recuperado de <https://revistas.unisimon.edu.co/index.php/psicogente/article/view/1797/1713>

Campanario, J. y Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Revista Electrónica Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 179-192.

Recuperado de <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21572/21406>

Eleizalde, M., Parra, N., Palomino, C., Reyna, A. y Trujillo, I. (2010). Aprendizaje por descubrimiento y su eficacia en la enseñanza de la Biotecnología. *Revista de Investigación*, 34(71), 271-290.

Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/3761/376140386013.pdf>

Furman, M. (2021). *Enseñar Distinto*. Buenos Aires: Siglo XXI.