

# Actividad de Investigación Científica en ambiente universitario: un estudio de sus contribuciones para estudiantes de la Enseñanza Media



**Ariane Baffa Lourenço<sup>1</sup>, Pedro Donizete Colombo Junior<sup>2</sup>, Marcello Rubens Barsi Andreeta<sup>3</sup>, Juan Julián Guillarón<sup>4</sup>, Antonio Carlos Hernandes<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo. Av. Trabalhador São-carlense, 400, CEP 13566-590, São Carlos-SP, Brasil.*

<sup>2</sup>*Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, Caixa Postal 66318 CEP 05314-970, São Paulo-SP, Brasil.*

<sup>3</sup>*Departamento de Engenharia de Materiais Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, CEP 13565905 - São Carlos-SP, Brasil*

<sup>4</sup>*Departamento de Física, Facultad de Ciencias Naturales, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.*

**E-mail:** arianebaffa@gmail.com

(Recibido el 22 de Julio de 2013; aceptado el 2 de Febrero de 2014)

## Resumen

Presentamos la experiencia obtenida por un grupo de investigación de la Universidad de São Paulo, con la ejecución de Proyectos de Actividad de Investigación Científica (PAICs). Los proyectos fueron realizados por estudiantes de la enseñanza media de escuelas públicas, durante un período de cuatro años, donde el foco de los mismos lo constituyó la actividad experimental de carácter investigativo. Los resultados indican cambios experimentados por los estudiantes, relacionados con lo cognitivo y lo actitudinal. Se evidenció que las actividades desarrolladas por los estudiantes juegan un papel activo, que colabora con el proceso de aprendizaje de los contenidos y con el desarrollo de habilidades durante las actividades experimentales. El desarrollo de proyectos en ambiente universitario, además de las contribuciones en el aprendizaje del contenido de la actividad experimental y de una mejor comprensión del trabajo científico, ayudó a que los estudiantes desmitificasen la concepción que tenían de la universidad proporcionándoles nuevas perspectivas para sus futuras vidas profesionales. Los resultados muestran que nueve de los participantes ingresaron a programas de enseñanza superior de instituciones acreditadas del Estado de São Paulo.

**Palabras clave:** Proyectos; Investigación Científica; actividad experimental; enseñanza media.

## Abstract

This work describes the experience obtained by research group at a university, during the execution of four different Scientific Research Activities Projects (PAICs). These projects were conducted by high school students from public schools, in a period of four years, where they focused their attention in the experimental activities of the scientific research. The results obtained indicate changes in the students' cognitive and attitudinal development. Due to the nature of the proposed activities, the students played an active roll which improved the learning of scientific concepts and also the hand skills involved in the experimental activities. The development of the projects inside the university environment helped the students to demystify the work of the scientists and the sometimes misconceptions about the university. In this way, the projects allowed the students to develop and improve their skills and to get new perspectives for their future professional lives, and as a result, 9 of the students entered in the most renowned universities in São Paulo State, Brazil.

**Keywords:** Projects; Scientific Research; Experimental activity; High school teaching.

**PACS:** 01.40.gb, 01.50.Pa, 01.40.ek

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUCCIÓN

La actividad experimental es una estrategia que puede traer muchos beneficios a los estudiantes y profesores, tales como ayudar en la comprensión y reflexión de las características del trabajo científico, colaborar en el

aprendizaje de los contenidos científicos, posibilitar las explicaciones de los fenómenos que expresan las leyes, desarrollar habilidades científicas y facilitar que los estudiantes exploren y reflexionen sobre sus opiniones en la explicación de los fenómenos de la actividad experimental [1]. Desde hace décadas en un número significativo de

trabajos se viene discutiendo acerca de la actividad experimental en la enseñanza de las ciencias [2-4]; una de las manifestaciones de estas discusiones fue el volumen especial de *International Journal of Science Education*, publicado en 1996, y destinado a esta temática.

No obstante, la enseñanza de las ciencias en el nivel básico (fundamental o medio) ha estado basada, en muchas ocasiones, en la transmisión de contenidos ya elaborados sin mostrarles el proceso de su construcción, situación que en nada contribuye a los beneficios mencionados anteriormente. Es por ello que es fundamental desarrollar actividades con los estudiantes, adecuadas para la formación de un ciudadano más preparado para asumir una carrera profesional y desempeñar un papel más activo en la sociedad. Para contribuir con esta finalidad, presentamos, el estudio realizado. Describimos las etapas de desarrollo y los resultados obtenidos de la experiencia de integración entre un grupo de investigación de Física de una universidad pública y estudiantes de la enseñanza media de escuelas públicas del Estado de São Paulo. La integración ocurrió en un período de cuatro años en el marco de los Proyectos de Actividad de Investigación Científica (PAICs), promovidos por este grupo cuyo objetivo fue realizar actividades experimentales con esos estudiantes siguiendo la metodología de investigación científica.

Los proyectos fueron desarrollados en nuestro Grupo de Investigación ([www.ccmc.ifsc.usp.br](http://www.ccmc.ifsc.usp.br)), el cual se dedica al estudio y desarrollo de materiales cerámicos y de crecimiento de cristales. Desde el año 2000, cuando pasa a ser integrante de uno Centro Multidisciplinar para el Desarrollo de Materiales Cerámicos, empezó también a desarrollar e implementar acciones que tienen el objetivo de la divulgación científica buscando, entre otros propósitos, mejorar la enseñanza de las ciencias, en especial en las escuelas públicas brasileñas.

En los PAICs, los estudiantes de la enseñanza media frecuentaban la universidad y participaban en un contexto de actividades similar al que vive un científico, con el objetivo de que, además de aprender los conceptos relacionados con la investigación científica, tuvieran una visión coherente del trabajo que realizan los científicos y se aproximaran al ambiente universitario. Es en este contexto que se desarrolló esta investigación, la cual tiene un enfoque del tipo cualitativo-interpretativo siguiendo como metodología de investigación el estudio de casos, con la cual se describen los resultados obtenidos durante los cuatro años de ejecución de los PAICs con estudiantes de escuelas públicas.

## II. MARCO TEÓRICO

La enseñanza de las ciencias en los diferentes niveles escolares se reduce, con mucha frecuencia, a la presentación de conocimientos ya elaborados, en la cual no se proporciona a los estudiantes la oportunidad de aproximarse a las actividades que les posibiliten reflexionar y comprender las características del trabajo científico. Esto hace que tengan una visión empobrecida y distorsionada de

la ciencia, y que genere un desinterés en relación a esta temática, lo que se convierte en un obstáculo didáctico y epistemológico para el aprendizaje [5], promoviendo una situación de baja demanda de los estudiantes para ingresar a los cursos de ciencias exactas en la enseñanza superior [6, 7].

En el caso de la enseñanza de la Física en el nivel básico es común que ocurra, también, lo que se puede denominar la “matematización de la Física” que la torna aún más abstracta por el aún insuficiente desarrollo de las habilidades lógicas de los estudiantes en esos niveles de enseñanza. Algunos profesores tienen el criterio de que para aprender Física es necesario resolver muchos ejercicios abusando de un gran número de fórmulas lo que distancia a los estudiantes del conocimiento y los entrenan para resolver los problemas utilizando modelos matemáticos sin un análisis crítico de sus teorías [8], es decir, se constituye en un proceso de enseñanza-aprendizaje mecanizado, donde el estudiante asume una postura pasiva frente a la construcción del conocimiento.

La Física abordada con ese enfoque no posibilita las explicaciones de los fenómenos que expresan las leyes y se reduce al uso de ecuaciones o fórmulas para resolver el problema. Además, generalmente no se realiza una interpretación de su resultado, lo que colabora a que los estudiantes “vean” la Física desvinculada de la vida y de sus experiencias cotidianas, trayendo como consecuencia el desinterés y rechazo en relación con esa área del conocimiento. Esta distancia entre el currículo que se le ofrece al estudiante y el entorno en el que se desarrolla es considerada como una de las hipótesis que explica el desinterés al que se hace referencia [9].

Lo anterior contribuye a que prevalezca, en los estudiantes de la enseñanza básica, el conocimiento intuitivo de la ciencia en detrimento del desarrollo del conocimiento científico; ambos tipos de conocimientos presentan características implícitas diferentes que conllevan a dos modos sustancialmente distintos de conocer e interpretar el mundo. La aspiración de la enseñanza media debe ser fomentar el desarrollo del conocimiento científico caracterizado por: principios ontológicos donde los fenómenos se interpretan en función de sus relaciones complejas, principios epistemológicos centrados en el constructivismo y principios conceptuales donde las propiedades de los cuerpos y los fenómenos se interpretan como un sistema de relaciones de interacción [10].

Se conoce que, para muchos estudiantes de la enseñanza fundamental o media, la mejor manera para que comprendan la construcción del conocimiento científico y se motiven hacia la ciencia es mediante el uso frecuente de actividades prácticas de carácter investigativo, en las que ellos asumen papeles activos frente a la construcción del conocimiento utilizando procedimientos relacionados con el trabajo de laboratorio, de campo o la resolución de problemas científicos. Esto último implica el desarrollo de un conjunto de procesos y actividades a partir del cual los estudiantes generan nuevos conocimientos, considerados fundamentales para que se conviertan en sujetos competentes, lo que hace que la resolución de problemas

científicos en clase sea totalmente distinta de una simple resolución de tareas y se convierta en una actividad científica verdadera [11].

Los estudiantes cuando se familiarizan con procesos que caracterizan la actividad científica, desarrollan sus capacidades intelectuales, un pensamiento más abstracto y la adquisición adquieren un lenguaje más preciso, de manera tal que acercan los fenómenos cotidianos a los modelos científicos [12]. Una estrategia que posibilita que los estudiantes participen de estos procesos de aprendizaje, es resolviendo problemas que no tienen soluciones inmediatas y que no son resueltos por la simple aplicación de una fórmula, es decir, involucrándolos en lo que se denomina “Actividad de Investigación Científica” (AIC) [13, 14] Borges, 2002).

Los conocimientos obtenidos en este tipo de actividad pueden estar relacionados con tres ámbitos de la capacidad intelectual, siendo estos: a) El conceptual: con la finalidad de reforzar y profundizar la teoría, comprender mejor la aplicación concreta de las leyes científicas y/o construir nuevos conceptos; b) El procedimental: con la finalidad de desarrollar habilidades intelectuales y de comprender y utilizar una metodología científica de la investigación y c) El actitudinal: con la finalidad de incrementar la creatividad, la toma de decisiones científicas y socio-científicas, entre otros aspectos.

En la AIC, los estudiantes deben observar e investigar el fenómeno, proponer preguntas, hipótesis y respuestas para el problema, confrontar sus ideas con las de sus colegas y comunicar los resultados a los pares y, cuando sea posible, a la comunidad en general [15], estos son momentos esenciales para el proceso de enseñanza-aprendizaje y el trabajo de Investigación Científica. El profesor en este tipo de actividad actúa como un orientador, realizando discusiones para desarrollar el pensamiento crítico de los estudiantes y sus capacidades de fundamentación y de argumentación [16]. Los problemas a ser propuestos a los estudiantes en este tipo de actividad deben proporcionar la realización de una profunda y consistente actividad cognitiva y práctica.

Además de lo anterior, la solución de estos problemas debe generar una situación en que los conocimientos y los procedimientos utilizados ocasionen estados de contradicciones e incertidumbres en los estudiantes involucrándolos en un proceso de búsqueda que los conduzcan a la construcción de conocimientos y al descubrimiento de nuevos procedimientos que los ayuden a aprender y a pensar basándose en la teoría. Todo ello contribuye al desarrollo del pensamiento científico de los estudiantes como resultado de la combinación de conocimientos, habilidades, valores, responsabilidades y actitudes [11].

Precisamente, la realización de la AIC contribuye a desarrollar en los estudiantes una actitud de responsabilidad en relación a la investigación, a adquirir actitudes de curiosidad, realizar cambios conceptuales, metodológicos, y actitudinales en general, y aprender sobre la naturaleza de la ciencia [17]. Por ser una actividad que involucra investigaciones científicas semejantes a las hechas en los

laboratorios de investigación por profesionales, los estudiantes pueden comprender que el conocimiento científico se somete a un proceso dinámico y logran desarrollar mejor sus habilidades conceptuales y de raciocinio, características que hacen de la AIC una eficaz herramienta en la enseñanza de la Física y de las ciencias [13, 18].

### III. METODOLOGÍA

Los participantes de los PAICs fueron estudiantes de enseñanza media seleccionados por el profesor de Física de cada una de sus escuelas. La selección se realizó tomando en cuenta el interés de los estudiantes por la Física y por las actividades extra-escolares relacionadas con las ciencias. Cada Proyecto tuvo una duración mínima de 12 meses y la posible participación máxima era de cuatro estudiantes que trabajarían con el mismo tema y frecuentarían semanalmente el grupo para el desarrollo de las actividades.

Durante los cuatro años participaron doce estudiantes de tres escuelas públicas del estado de São Paulo, realizando un total de cuatro Proyectos que versaban sobre los siguientes temas: Cama de faquir (involucrando conceptos de presión y fuerza), Superconductividad (involucrando conceptos de electromagnetismo), Polímeros (involucrando las características estructurales de los polímeros) y Las dimensiones macro y micro (involucrando conceptos de escala).

Se pretendió con cada Proyecto que los estudiantes se aproximaran al proceso de construcción del conocimiento realizado por los investigadores en la universidad. Para lograrlo se siguió para cada Proyecto una metodología general de trabajo con la siguiente secuencia: a) familiarización de los estudiantes con la universidad; b) definición del problema de investigación y de la hipótesis; c) revisión de la literatura y planeamiento de las actividades experimentales (tesis para comprobar o no la hipótesis) a ser desarrolladas; d) ejecución y discusión de la metodología experimental y e) presentación de las conclusiones a los pares y a la comunidad en general. Para el desarrollo de esta metodología, cada Proyecto fue dividido en cuatro etapas, las cuales tenían tiempos de duración distintos, determinados por el desarrollo de cada grupo de estudiantes.

**Primera etapa:** El primer día que los estudiantes asistieron a la universidad se realizó una reunión con los coordinadores, los cuales eran investigadores de la universidad, y se inició su familiarización con la referida institución donde conocieron sus dependencias, visitaron la biblioteca donde aprenderán y harán búsquedas bibliográficas y visitaron el restaurante universitario al cual tuvieron acceso en los días que asistieron a la universidad.

**Segunda etapa:** En esta etapa se definió el problema de investigación de acuerdo a los intereses de los estudiantes conjuntamente con los coordinadores y el profesor de Física de la escuela. Fueron propuestos los fenómenos físicos en

correspondencia con el problema y fueron formuladas las hipótesis. Una vez determinada la temática en que iban a investigar, los estudiantes hicieron una búsqueda bibliográfica sobre la misma y desarrollaron una charla con la orientación de los coordinadores y su profesor. Es en esta etapa que los estudiantes realizaron el planeamiento inicial de los experimentos a ejecutar con el propósito de responder al problema de investigación aplicando el método científico. Los profesores se reunieron con los estudiantes para orientarlos en relación a los conceptos abordados y la estructura de la presentación. La finalidad de esta etapa fue proporcionar a los estudiantes un primer contacto con el tema de investigación y sus métodos y aprender o perfeccionar la habilidad de hacer presentaciones. Estas presentaciones fueron el inicio del entrenamiento para que los estudiantes pudieran transmitir sus conocimientos adquiridos a la comunidad y a sus colegas de escuela usando recursos audio-visuales constituyendo una parte fundamental del método científico.

**Tercera etapa:** En esta etapa los estudiantes hicieron los experimentos, discutieron los datos con los coordinadores y profesores de las escuelas y obtuvieron las conclusiones finales. A continuación los estudiantes realizaron presentaciones con el objetivo de divulgar sus resultados, como se procede en el proceso de investigación científica. Estas presentaciones fueron las siguientes:

- a) En sus respectivas escuelas realizaron una presentación, en la que explicaron a los demás estudiantes sobre la temática estudiada y el experimento hecho. Esta presentación ocurrió durante los recreos o recesos entre clases o en las ferias de ciencias.
- b) En los Talleres de “Actividad de Investigación Científica” organizados anualmente por el grupo de investigación, los estudiantes realizaron la segunda presentación. Participaron de estos eventos los integrantes del grupo, familiares de los estudiantes y profesores de sus escuelas.
- c) En eventos científicos universitarios en los cuales algunos estudiantes tuvieron la oportunidad de presentar sus resultados.

**Cuarta etapa:** Al final de cada Proyecto los estudiantes hicieron un informe que constaba de las siguientes partes: introducción, objetivos, metodología, resultados y discusiones, conclusiones y las perspectivas de trabajos futuros.

El enfoque para este trabajo fue cualitativo y se utilizaron los siguientes instrumentos para la recolección de los datos: los testimonios escritos por los estudiantes al inicio y al final de cada Proyecto, los testimonios de los familiares y coordinadores de las escuelas, los informes elaborados por los estudiantes al final de los Proyectos y las encuestas aplicadas a los estudiantes al inicio y final de los mismos sobre las concepciones que tenían sobre la investigación científica y sobre el proceso de desarrollo de cada Proyecto. Los datos obtenidos fueron analizados teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- a) la concepción de los estudiantes sobre la investigación científica,
- b) la construcción del conocimiento,
- c) el desarrollo de habilidades esenciales para la construcción del conocimiento científico en el área de las ciencias exactas,
- d) la divulgación de los resultados a la comunidad en general y a la comunidad científica en particular y
- e) la desmitificación de la universidad.

Como el objetivo de este trabajo es presentar la metodología general que se utilizó para desarrollar los cuatro Proyectos, se discuten a continuación los resultados generales correspondientes a los mismos y el impacto provocado en los estudiantes. A modo de ejemplificación, se muestran los pasos seguidos en el Proyecto de *Superconductividad* y los resultados relacionados con el mismo.

#### **IV. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En los resultados obtenidos en los cuatro años de realización de los diferentes PAIC se observó que, al inicio de cada Proyecto, los estudiantes tenían la concepción de que la investigación es sencilla de hacer y presenta resultados instantáneos, demostrando que poseen una visión ingenua de las ciencias. Con la realización de los Proyectos, los estudiantes empezaron a cambiar su concepción comprendiendo que el conocimiento científico transita por un proceso de construcción. En sus expresiones se pone de manifiesto de manera interrelacionada lo anterior, como se observa en las siguientes afirmaciones de los estudiantes 1 y 2:

*“Antes de empezar a desarrollar una investigación, pensaba que ésta era más sencilla, más fácil de hacer, dando resultados instantáneos. A partir del momento que desarrollamos nuestra investigación, comencé a observar que no es tan sencillo y que no se obtienen resultados instantáneos. [...] una investigación es un desafío mucho mayor y emocionante, pues cada día descubrimos nuevas cosas” (Estudiante 1 – Proyecto Cama de faquir).*

*“Muchas veces presenciaba las entrevistas de investigadores hablando que sus proyectos tardaban años para concluir y no entendía el porqué de tanta demora. Después de mi pre-iniciación comencé a entender cómo debe ser el proceso científico. Éste requiere mucho trabajo y dedicación del investigador llevando años de estudio hasta la conclusión del proyecto” (Estudiante 2 – Proyecto Cama de faquir).*

El tema de estudio de cada Proyecto fue siempre presentado en forma de una observación de algún fenómeno físico, seguido de un problema y su hipótesis en correspondencia con ese fenómeno, lo que sirvió como punto de partida para la construcción del conocimiento. Este problema no tenía una respuesta inmediata, con esto los estudiantes fueron incitados, inicialmente, a sistematizar el conocimiento que

Lourenço, A. B.; Colombo Jr, P. D.; Andreeta, M. R. B.; Guillarón, J. J.; Hernandes, A. C.

ya tenían sobre física, química y matemática. Proponer una situación problema posibilitó que los estudiantes empezaran a tener una concepción preliminar de la tarea a ser desarrollada [19].

A partir de este momento los estudiantes comenzaron a trabajar con sus concepciones previas y los nuevos conocimientos necesarios para la resolución del problema encontrados en la bibliografía consultada, con ello delimitaron el problema y propusieron la hipótesis. En este proceso se constató que los estudiantes lograron la construcción y reconstrucción del conocimiento científico. En el caso del proyecto de *Superconductividad*, la observación del fenómeno de levitación magnética llevó a la hipótesis siguiente: ¿El origen del campo magnético contrario necesario para que ocurra levitación está relacionado con en el hecho de que en el estado superconductor no hay resistencia eléctrica?

Con base a la hipótesis generada en los diferentes Proyectos, los estudiantes, en general, empezaron el proceso de elaboración de estrategias posibles para la resolución del problema donde, además de los nuevos conocimientos, usaron contenidos enseñados en la escuela. Tal aspecto posibilitó que los estudiantes percibieran que estos contenidos no debían ser interpretados como fragmentados y que, en ocasiones, para resolver un problema de física era necesario el trabajo simultáneo con diferentes áreas del conocimiento poniéndose de manifiesto el carácter sistémico del conocimiento científico. Una vez que ya poseían una base de conocimientos sobre el tema, los estudiantes planearon y ejecutaron una metodología experimental (Figura 1).



FIGURA 1. Alumnos durante el desarrollo de sus proyectos.

En el proyecto *Superconductividad*, (hecho por una estudiante), la estudiante realizó la síntesis y sinterización de cerámicas del compuesto  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$  (material cerámico compuesto de óxidos de itrio, bario y cobre). Para esto, la misma tuvo que realizar cálculos estequiométricos y también realizar la síntesis y sinterización de la cerámica a diferentes temperaturas hasta  $950^\circ\text{C}$  [20]. De esta forma integró en la investigación la Química, la Matemática, la Física y la Ciencia de los Materiales.

De manera general en el desarrollo de los PAIC, una vez obtenidos los datos de los experimentos, los estudiantes, los coordinadores y los profesores de las escuelas pasaron a discutir, explicar y relatar los fenómenos que habían observado durante los mismos. Esas discusiones fueron hechas, tanto en reuniones con profesores de la universidad como en charlas que los estudiantes impartían en la institución (Figura 2).

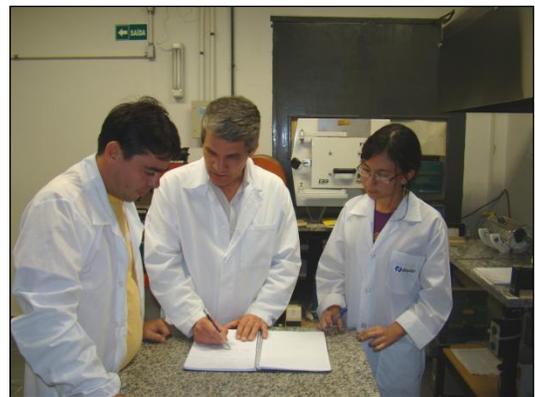


FIGURA 2. Investigadores del grupo discutiendo la ejecución del experimento en el tema Superconductividad con una estudiante participante del PAIC.

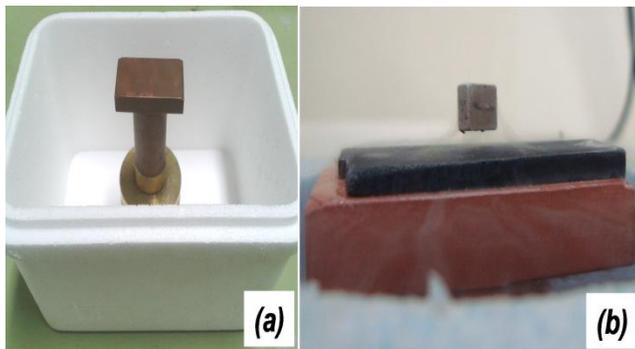
Lo observado en el desarrollo de los Proyectos está de acuerdo con Campanario y Moya [19] ya que a partir de este momento se puso de manifiesto un conflicto cognitivo entre las diferentes concepciones, lo cual llevó a replantear el problema y a emitir nuevas hipótesis. En el caso que se analiza como ejemplo (*Superconductividad*), las discusiones promovieron que la hipótesis debería ser comprobada mostrando que a temperatura ambiente (donde el material es un semiconductor) y donde la resistividad eléctrica no es nula, el magneto debería quedarse sobre el material sin flotar. Pero, con el decrecimiento en la temperatura por medio del nitrógeno líquido, el material debería transitar al estado donde la corriente eléctrica debería ser cero (estado superconductor). En este momento el magneto iniciaría su levitación. Con esta predicción de un resultado basado en la hipótesis se hizo el montaje del experimento y se realizó la comprobación de la hipótesis.

A continuación se estudió y se discutió por qué ocurre el comportamiento del material en las condiciones del experimento, y se verificó en la literatura que son creadas regiones de vórtices de corriente eléctrica en la superficie del material superconductor, creando un campo magnético contrario al campo magnético del imán. Estos campos

solamente pueden sustentarse cuando la resistividad eléctrica es cero pues, de lo contrario, los electrones pierden energía y el campo magnético sería eliminado (lo que ocurre en el mismo material a temperaturas elevadas). Tal situación está en pleno acuerdo con lo que preconiza Campanario y Moya [19] “*Los nuevos conocimientos se manejan y aplican a nuevas situaciones para profundizar en los mismos y afianzarlos. Éste es el momento más indicado para hacer explícitas las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad*” (p. 186).

Con los resultados obtenidos de los diferentes Proyectos, los estudiantes construyeron instalaciones experimentales sencillas y confeccionaron presentaciones para las demostraciones en las escuelas y en los encuentros científicos. En el caso del Proyecto sobre *Superconductividad* fue necesario proyectar un sistema de enfriamiento con nitrógeno líquido para poder hacer las presentaciones del fenómeno en la escuela. Este sistema consistió de un recipiente de poliestireno, una base de cobre metálico y una webcam.

El recipiente con nitrógeno líquido enfrió el cobre metálico proporcionando la temperatura necesaria para que la pastilla de cerámica superconductor permaneciera a una temperatura por debajo de la temperatura crítica (por debajo de la cual el compuesto se convierte en superconductor). La webcam fue utilizada para ampliar la imagen del efecto de levitación del magneto colocado sobre la pastilla en la pantalla del computador. Con este sistema alimentado por una cantidad aproximada de un litro de nitrógeno líquido fue posible realizar el experimento por más de treinta minutos (Figura 3).



**FIGURA 3.** Fotos del experimento diseñado para estudiar el fenómeno de la superconductividad. (a) Una parte del sistema de refrigeración del superconductor cerámico que muestra el soporte de cobre metálico sin la tapa superior de poliestireno y (b) imagen obtenida por la cámara de un imán cerámico superconductor flotando sobre el sistema completo.

Se observó que las presentaciones hechas por los estudiantes de los diferentes Proyectos fueron importantes para el desarrollo cognitivo de los estudiantes, pues permitió que aprendiesen a relacionar los datos experimentales con la teoría y, también, que mejorasen su desempeño para hablar en público contribuyendo con ello al desarrollo del lenguaje científico y del lenguaje natural,

los que poseen características específicas y diferencias sutiles, pero que pueden ser identificadas cuando se habla, lee y escribe sobre un tema científico [21].

Lo anterior está en correspondencia con la importancia que se le concede en las investigaciones sobre Didáctica de las Ciencias al papel del lenguaje en la construcción de explicaciones científicas y del conocimiento en general, considerando a la argumentación como una importante tarea de orden epistémico y discursivo por excelencia en las ciencias [4]. Propiciarla en las clases de ciencias permite a los estudiantes aprender a interpretar y razonar. Mediante la externalización del razonamiento se procura la evaluación y el mejoramiento permanente de los estudiantes [22].

Después que los estudiantes de los distintos proyectos tenían los resultados consistentes y profundizados, para discutir sobre el tema, hicieron el informe y dos presentaciones finales en sus escuelas y en la universidad (Figura 4), y en algunos casos los trabajos fueron presentados en eventos científicos universitarios. La importancia de estas actividades se muestra en los fragmentos de los textos de los estudiantes 2, 3 y 4 a continuación:

*“[...] las presentaciones hechas en la universidad nos aportan mucho conocimiento y experiencia, pues con cada presentación aprendemos todavía más y observamos dónde podemos mejorar y corregir. Con estas presentaciones conseguimos ser más desinhibidos y mejoramos nuestra expresión [...] (Estudiante 2 – Proyecto Cama de faquir)*

*“[...] las presentaciones en la universidad son muy importantes, porque por medio de ellas estoy aprendiendo cómo expresarme en público, y a través de las críticas podemos ver dónde estamos acertando y dónde erramos, pero principalmente estoy aprendiendo cómo presentar un proyecto para las personas, lo que puede ayudarme en el futuro como, por ejemplo, en una presentación de un trabajo en una facultad [...] (Estudiante 3 – Proyecto Cama de faquir)*

*“[...] además de todo el conocimiento, el proyecto me enseñó a estudiar de verdad, me motivó, y también hizo que perdiera el miedo a hablar en público [...]” (Estudiante 4 - Las dimensiones macro y micro)*



**FIGURA 4.** Estudiantes presentando su trabajo en su escuela.

Las actividades de comunicación de los resultados fueron fundamentales para que los estudiantes hicieran una síntesis del trabajo realizado y dio la posibilidad de elaborar nuevos problemas a partir del problema ya resuelto. Las presentaciones hechas por los estudiantes presentaron características muy cercanas a las que se realizan en el ámbito científico propiciando a los estudiantes una percepción de la naturaleza de la ciencia y de la comunidad científica. Los estudiantes de los diferentes proyectos en estos momentos manifestaron ideas adecuadas en situaciones de carácter contra-intuitivo propias del conocimiento científico que se producen en las presentaciones [23]. Esto se evidenció en las afirmaciones de los estudiantes 5 y 1:

*“La experiencia con la presentación fue muy interesante, pues posibilitó la interacción del trabajo con los oyentes pudiendo transmitir lo aprendido y mi comprensión del tema. Aunque se trataba de un asunto de poco conocimiento general, hubo agrado y sensación de comprensión por parte de los oyentes que en algunos casos generaron discusiones sobre el tema. Por tanto sirvió como una buena experiencia e integración al trabajo” (Estudiante 5 – Proyecto Cama de faquir)*

*“Lo aprendido fue elaborado de forma clara y concisa, no tan rebuscada. La presentación promovió, además de la diseminación del trabajo, una experiencia divergente con el público asistente a la presentación. Lo interesante fue que la presentación posibilitó una exposición del trabajo hecho, pero también discusiones sobre el mismo, sus etapas y sobre los estudios realizados relacionados con el tema de la superconductividad” (Estudiante 1 – Proyecto Cama de faquir).*

Un aspecto interesante que ocurrió cuando las presentaciones fueron hechas en las escuelas fue que los estudiantes sintieron la necesidad de cambiar su discurso para que los colegas de otros niveles escolares pudiesen entender el trabajo. Es decir, demuestra que aprendieron el significado de lo estudiado durante los PAIC ya que pudieron expresar el conocimiento de diferentes maneras hasta hacerse entender, lo que se encuentra en estrecha armonía con la teoría del Aprendizaje Significativo [24].

Un carácter importante de los PAIC fue el hecho de que fueron desarrollados en el ambiente universitario, esto produjo que los estudiantes, además de aproximarse a lo cotidiano del trabajo de los científicos, desmitificasen la universidad pues, en general los estudiantes de escuelas públicas, foco de este trabajo, la ven muy distante de su realidad [13], como se observa en el fragmento del texto escrito por el padre del estudiante 2 y por el texto del estudiante 3:

*“[...] apruebo y valoro la participación de mi hijo en este proyecto, pues a partir de las visitas a la universidad cambió la forma de pensar de él, empezó a tener respuestas de “para qué hacer esto”, de “para qué estudiar aquello”. Entiendo que es de fundamental importancia, pues además de tener más responsabilidad con los horarios, él está*

*viendo que el universo de la universidad, a pesar de aparentar ser un monstruo, no lo es. Esta frecuente participación está haciendo que él piense en su formación [...]” (Padre del Estudiante 2 – Proyecto Cama de faquir)*

*“[...] inicialmente yo tenía una percepción menos real de lo que ella de verdad es. Al principio yo veía a la facultad como un sitio que tú ibas después del colegio para profundizar en un área, y posteriormente, obtener un buen empleo, con muchas clases teóricas y una serie de libros que serían indicados para la lectura de los alumnos. Ahora yo veo el mundo universitario como un sitio que permite tener experiencia y un gran aprendizaje” (Estudiante 3 - Proyecto Cama de faquir).*

Además, el hecho de que los estudiantes usaron conceptos enseñados en la escuela para desarrollar sus Proyectos posibilitó que relacionasen y aplicasen los conocimientos escolares en la resolución de problemas, como se observa en el testimonio de la directora de una de las escuelas:

*“Estos proyectos sin dudas tienen repercusión muy positiva en nuestros alumnos, pues hacen una revisión del saber escolar y con su participación se les muestra la importancia de la comprensión de la realidad cultural y tecnológica del mundo actual. Así, estos proyectos dan sentido al conocimiento, que van además de la compartimentación escolar a favorecer a los estudiantes en la adquisición de capacidades y a la integración al mundo circundante” (Directora de una de las escuelas).*

La realización de los proyectos posibilitó también que los estudiantes se preocuparan más con su futuro profesional, conocieran mejor el curso de Física que reciben en sus escuelas y tuvieran una mejor orientación profesional. Otro indicio del éxito del desarrollo de los Proyectos es que nueve estudiantes, participantes de los PAIC fueron aprobados en la prueba de ingreso en las universidades públicas, escogiendo carreras en áreas científicas, como: Matemática Aplicada y Computación Científica, Ingeniería de Computación, Licenciatura en Física, Ingeniería civil y Física Computacional.

## V. CONCLUSIONES

En las actividades de investigación expuestas en este trabajo es notable que los estudiantes tuvieron un papel activo en el proceso, lo que les confirió mejores posibilidades de un aprendizaje significativo. Los PAIC proporcionaron a los estudiantes la oportunidad de discutir los problemas propuestos, proponer hipótesis, elaborar y ejecutar experimentos, coleccionar y analizar los datos entre ellos y con los investigadores de la universidad; y relacionar los conceptos de Física con otras áreas del conocimiento. Los estudiantes se familiarizaron con la investigación científica y sus procesos, proporcionando un cambio de la visión simplista que tenían de la ciencia.

El hecho de desarrollar el trabajo en el ambiente universitario ayudó a que los estudiantes desmitificasen la universidad, proporcionándoles nuevas perspectivas para sus futuras vidas profesionales; logrando inclusive que nueve estudiantes ingresasen en la enseñanza superior en instituciones renombradas del estado de São Paulo. El contacto directo con la universidad y la realización de los proyectos provocó que los estudiantes se preocupasen más de su futuro profesional, conociesen mejor el curso de las actividades científicas y mejorasen su comportamiento y su responsabilidad en el ambiente familiar y escolar.

Con los resultados obtenidos se observó que los PAIC posibilitaron a los estudiantes desarrollar un proceso de construcción del conocimiento científico, de manera que no solamente aprendieron conceptos nuevos, sino que modificaron los ya existentes en su estructura cognitiva. Además, desarrollaron habilidades en relación con el trabajo experimental utilizando una metodología científica de investigación; trabajaron en grupo; tomaron y autorregularon sus decisiones; desarrollaron creatividad en la realización de los experimentos y también maduraron sus proyectos de vida profesional futura.

La experiencia expuesta en este trabajo mostró que es posible involucrar la universidad por medio de sus investigadores en la formación de estudiantes de enseñanza media, contribuyendo a la alfabetización científica, o sea, proporcionando conocimientos sobre la construcción de la Naturaleza de la Ciencia y sus conceptos científicos, además de ayudar en la aproximación de la escuela y la universidad.

## REFERENCIAS

- [1] Pereira, B. B., *Experimentação no ensino de ciências e o papel do professor na construção do conhecimento*. Cadernos da FUCAMP **9**, 1-9 (2010). <<http://www.fucamp.edu.br/editora/index.php/cadernos/article/view/176/170>>. Consultado el 13 de Marzo de 2014.
- [2] Gabel, D. L., *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, (Macmillan Pub Co., New York, 1994).
- [3] Fraser, B., Tobin, K. G., *International Handbook of Science Education*, (Kluber Academic Publishers, London, 1998).
- [4] Colombo Jr., P., Lourenço, A. B., Sasseron, L. H., Carvalho, A. M. P., *Ensino de física nos anos iniciais: análise da argumentação na resolução de uma atividade de conhecimento físico*, Investigações em Ensino de Ciências **17**, 489-507 (2012).
- [5] Bachelard, G., *A Formação do Espírito Científico: contribuições para uma psicanálise do conhecimento*, (Contraponto, Rio de Janeiro, 1996).
- [6] Arroio, A., Honório, K. M., Weber, K. C., Homem-demello, P., Gambardella, M. T. P., Silva, A. B. F., *O show de química: motivando o interesse científico*, Química Nova **29**, 173-178 (2006). <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v29n1/27876.pdf>>. Consultado el 13 de Marzo de 2014.

- [7] Cachapuz, A., *A necessária renovação do ensino das ciências*, (Cortez, São Paulo, 2005).
- [8] Vettori, M., Moraes, R., *Pesquisa em sala de aula: uma experiência no ensino de Física*, V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências **1** (2005). <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/venpec/conteudo/artigos/1/pdf/p404.pdf>>. Consultado el 13 de Marzo de 2014.
- [9] Barreras, M.L., Sanmarti, N., *Aplicación de un proyecto curricular de Física en contexto (16-18 años): Valoración de los profesionales implicados*, Enseñanza de las Ciencias, **30**, 89-102. <[http://www.ige.unicamp.br/site/aulas/119/Blanco2\\_es\\_v30\\_n1\\_2012.pdf](http://www.ige.unicamp.br/site/aulas/119/Blanco2_es_v30_n1_2012.pdf)>. Consultado el 13 de Marzo de 2014.
- [10] Bravo, B., Pesa, M., Pozo, J. I., *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Un estudio sobre "Qué, Cuándo y Cuánto" aprenden los alumnos acerca de la visión*, Enseñanza de las Ciencias **30**, 109-132 (2012).
- [11] Quintanilla, M., Joglar, C., Jara, R., Camacho, J., Ravanal, E., Labarrere, A., Cuellar, L., Izquierdo, M., Chamizo, J., *Resolución de problemas científicos escolares y promoción de competencias de pensamiento científico. ¿Qué piensan los docentes de Química en ejercicio?*, Enseñanza de las ciencias **28**, 186-188 (2010). <<http://ddd.uab.es/record/60788?ln=ca>>. Consultado el 13 de Marzo de 2014.
- [12] Banet, E., *Finalidades de la educación científica en educación secundaria: aportaciones de la investigación educativa y opinión de los profesores*, Enseñanza de las Ciencias **28**, 203-204 (2010). <<http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v25n1p5.pdf>>. Consultado el 13 de Marzo de 2014.
- [13] Baffa, A., Gomes, G., Hernandez, A., *Actividad de investigación científica con alumnos de nivel medio: un estudio de caso*, Enseñanza de las Ciencias, Número Extra, 2013-2018 (2009). <[http://ice.uab.cat/congresos2009/eprints/cd\\_congres/propostes\\_html/propostes/art-2026-2031.pdf](http://ice.uab.cat/congresos2009/eprints/cd_congres/propostes_html/propostes/art-2026-2031.pdf)>. Consultado el 13 de Marzo de 2014.
- [14] Borges, A. T., *Novos rumos para o laboratório escolar de ciências*. Caderno Brasileiro Ensino de Física, **19**, 219-313 (2002). <<http://www.fsc.ufsc.br/cbef/port/19-3/artpdf/a1.pdf>>. Consultado el 13 de Marzo de 2014.
- [15] Keys, C.W., Kennedy, V., *Understanding Inquiry Science Teaching in Context: A Case Study of an Elementary Teacher*, Journal of Science Teacher Education **10**, 315-333 (1999). <<http://link.springer.com/article/10.1023%2FA%3A1009406511999?LI=true>>. Consultado el 13 de Marzo de 2014.
- [16] Carvalho, A. M. P., *Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática*, (Pioneira Thomson Learning, São Paulo, 2006).
- [17] Lewin, A. M. F., Lomáscolo, T. M. M., *La metodología científica en la construcción de conocimientos*, Revista Brasileira de Ensino de Física **20**, 147-154 (1998).
- [18] Azevedo, M. C. P. S., *Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula*, (Pioneira Thomson Learning, São Paulo, 2006).

Lourenço, A. B.; Colombo Jr, P. D.; Andreeta, M. R. B.; Guillarón, J. J.; Hernandez, A. C.

[19] Campanario, J. M., Moya, A., *¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas*, Enseñanza de las Ciencias **17**, 179-192 (1999).

[20] Cava, R. J., Batlogg, B., Van Dover, R. B., Murphy, D. W., Sunshine, S., Siegrist, T., Remeika, J. P., Rietman, E. A., Zahurak, S., Espinosa, G. P., *Bulk Superconductivity at 91 K in Single-Phase Oxygen-Deficient Perovskite  $Ba_2YCu_3O_{9-\delta}$* , Physical Review Letters **58**, 1676-1679 (1987).

[21] Souza, S., Drumond, R., *Contribuições e limites do padrão de argumento de Toulmin aplicado em situações argumentativas de sala de aula de ciências*, Revista Brasileira de Ensino de Física **8**, 1-20 (2008).

[22] Henao, B., Stipcich, M., *Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las Ciencias Experimentales*, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias **7**, 47-62 (2008).

[23] Campanario, J. M., *El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno*, Enseñanza de las Ciencias **18**, 369-370 (2000).

[24] Ausubel, D. P., Novak, J. D., Hanesian, H., *Psicología Educativa*, (Interamericana, Rio de Janeiro, 1980).