

## **PARTICIPACIÓN DE ESTUDIANTES DE LA ESCUELA SECUNDARIA EN LA INVESTIGACIÓN Y DIFUSIÓN DE LA NANOTECNOLOGÍA**

### **PARTICIPATION OF HIGH-SCHOOL STUDENTS IN NANOTECHNOLOGY RESEARCH AND DIFFUSION**

**Moacir P. de Souza-Filho<sup>1</sup>, Allan V. Ribeiro<sup>2</sup>, Ulisses J. Raminelli<sup>3</sup>,  
Carla M. de P. Raminelli<sup>3</sup>, Fernanda Bertaco da Silva<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> NANODYF, Universidade Estadual Paulista/UNESP – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente/SP, Brasil

<sup>2</sup> NANODYF, Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de São Paulo, IFSP, Birigui/SP, Brasil

<sup>3</sup> E.E. “Dep. Felício Tarabay”, Tarabai/SP e Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Pres. Prudente/SP, Brasil

<sup>4</sup> Universidade Estadual Paulista/UNESP – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente/SP, Brasil

(Recibido: Noviembre/2016. Aceptado: Enero/2017)

### **Resumen**

Con el objetivo de motivar los estudiantes de la escuela secundaria para estudiar en una carrera universitaria y proveerles una iniciación científica sólida, la Vice-Rectoría de Investigaciones de la UNESP – Universidad Estatal de São Paulo, ha concedido tres (03) becas del Programa Institucional de Iniciación Científica – “PIBIC Junior”. En 2016, fueron solicitadas tres becas más, las cuales podrán apoyar la participación de nuevos estudiantes. Se trata de un proyecto que cuenta con la colaboración entre la UNESP, el IFSP - Instituto Federal de São Paulo y la Escuela Estatal “Felício Tarabay”. Este proyecto es apoyado por actividades de la Red Internacional NANODYF, que tiene como objetivo la formación en y divulgación de nanociencia y nanotecnología. Las actividades de los estudiantes consisten en el estudio de libros y artículos científicos y la realización de investigaciones bajo la orientación de los autores, la participación en eventos científicos como el ETIC - Encuentro Toledo de Iniciación Científica y las visitas al IFSP. A partir de esa preparación, los estudiantes presentarán seminarios y conferencias para el resto de los estudiantes de la escuela, con el objetivo de contribuir con la difusión de las investigaciones y las aplicaciones relacionadas con la nanotecnología. Además de los estudiantes que reciben becas, hay un número apreciable de interesados que participan como voluntarios. En este trabajo se investigó el interés y la motivación de los estudiantes

para participar en las acciones del proyecto en la escuela secundaria. Creemos que acciones como el desarrollo de este proyecto pueden contribuir en gran medida a la formación de ciudadanos conscientes de los avances tecnológicos actuales, poseedores de buenas perspectivas de futuro y excelentes candidatos las carreras científicas.

**Palabras Clave:** Nanociencia e Nanotecnología, Interdisciplinaridad, Formación de Profesores.

### **Abstract**

With the aim of motivating high school students to study at the university level and to provide a solid scientific initiation, the Vice-Rectorate of Research of UNESP - State University of São Paulo, has granted three (03) scholarships of the Institutional Program for Scientific Initiation - "PIBIC Junior". In 2016, a proposal to obtain three additional scholarships has been submitted. This would support the participation of new students. The project involves a collaboration between UNESP, IFSP - Federal Institute of São Paulo and the State School "Felício Tarabay". It is supplemented by the activities of the NANODYF International Network, which aims at the training and dissemination of nanoscience and nanotechnology. The activities of the students consist of the study of textbooks and scientific articles and the development of research activities under the mentorship of the authors, the participation in scientific events such as the ETIC - Toledo Meeting of Scientific Initiation, and visits to the IFSP. After the training, the students will present seminars and conferences to the rest of the students at the school, with the aim of contributing to the diffusion of research and applications related to nanotechnology. In addition to the students receiving the scholarships, there is a significant number of interested students who act as volunteers. In this work the interest and motivation of the students to participate in the actions of the project at the secondary school are investigated. We believe that actions such as this project may contribute greatly to the formation of citizens who are aware of current technological advances, holders of good prospects and excellent candidates for scientific careers.

**Keywords:** Nanoscience and Nanotechnology, interdisciplinary, Teacher Training.

## Introducción

Una búsqueda realizada hace unos cinco años por Bruno-Alfonso [1], mostró que, aunque había obras y discusiones sobre el potencial de la nanociencia y la nanotecnología (N&N), estas no tenían un enfoque sistemático para la aplicación en la escuela secundaria. Actualmente, en colaboración con la red NANODYF, instituciones como el Instituto Federal de São Paulo (IFSP/Birigui) y la Universidad Estatal de São Paulo (UNESP/Presidente Prudente) han desarrollado proyectos relacionados con la formación del profesorado y directamente destinados a los estudiantes de la escuela secundaria [2, 3, 4, 5, 6 y 7]. Un ejemplo es el Proyecto “PIBIC Junior” y “PIBIC/Escuelas Secundarias” desarrollado con esos estudiantes.

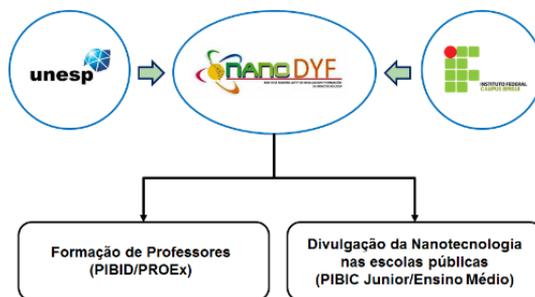


FIGURA 1. Los proyectos de la UNESP y IFSP en asociación con la red NANODYF.

El Programa Institucional de Iniciación Científica - PIBIC/Junior y PIBIC/Escuela Secundaria (patrocinado por el CNPq) tiene la intención de "despertar la vocación científica y fomentar los talentos potenciales entre los estudiantes de la escuela y los profesionales de la Red de Educación Pública para su participación en actividades de investigación científica o tecnológica".

En 2015, el coordinador del proyecto fue galardonado con tres (3) becas PIBIC/Junior. En esa ocasión, los profesores de Física y Química de la escuela secundaria "Felicio Tarabay," en la ciudad de Tarabay/SP, seleccionaron tres (3) estudiantes que se destacaron por sus notas. Estos maestros trabajan con el proyecto y guían las actividades de los estudiantes en la escuela.

Se ha creado un plan de trabajo que incluye estudiantes interesados en investigar las aplicaciones de la nanotecnología [8] mediante el estudio de los siguientes temas: (i) los cosméticos; (ii) los dispositivos digitales y (iii) la medicina de diagnóstico.

Además de las actividades en la escuela, estos estudiantes (becarios y voluntarios) tuvieron la oportunidad de participar en actividades del mundo

académico tales como el Encuentro Toledo de Iniciación Científica (ETIC), en la ciudad de Presidente Prudente y visitaron el Instituto Federal de São Paulo (IFSP) en la ciudad de Birigui. Allí pudieron conocer el Laboratorio Interdisciplinar de Formación de Profesores en Nanociencia y Nanotecnología (LIFENano/IFSP), asistir conferencias y hacer cursos de corta duración. La escuela también organizó un evento en el que los maestros y los estudiantes presentaron sus proyectos y resultados, ante todos los estudiantes de la escuela. Hubo participación de alrededor de 60 estudiantes interesados.

Recientemente se ha solicitado seis (6) becas para motivar a los estudiantes de secundaria a una carrera científica.

### La recepción del proyecto en la escuela

Durante una reunión pedagógica en la escuela "Felicio Tarabay" fue anunciado el proyecto a la comunidad y fueron felicitados los estudiantes que recibieron las becas (véase la Figura 2). Estuvieron presentes en la oportunidad: el director y el subdirector de la escuela; coordinador pedagógico; los maestros de Física y Química, además del coordinador del proyecto y los beneficiarios.



FIGURA 2. Recepción de proyecto en la escuela "Felicio Tarabay".

### Actividades desarrolladas

Los estudiantes de secundaria han desarrollado algunas actividades en la escuela. Estas actividades incluyen: la investigación en N&N, reuniones periódicas y visitas programadas. Las actividades específicas son las siguientes:

- *Estudio e investigación sobre el tema N&N (general y específica);*
- *Reuniones periódicas con los maestros (Física y Química);*
- *Visitas y participación en actividades en la Universidad (UNESP y IFSP);*
- *Participación en eventos científicos (ETIC y IFSP);*
- *Preparación y presentación de slides, así como la redacción de artículos científicos, bajo con la orientación de los autores.*



FIGURA 3. Los estudiantes en la reunión de PIBIC Junior y PIBIC Escuela Secundaria.

Los maestros participantes del proyecto se han reunido una vez por semana para la investigación de la nanotecnología, dentro de cada área específica. El profesor coordinador acompaña las acciones en la escuela para monitorear el progreso del proyecto y conversar con los maestros sobre los avances y las posibles dificultades de los estudiantes.

Además de las actividades en la escuela, los maestros (coordinador y participantes) organizaron algunas visitas, que proporcionan una experiencia y crecimiento a los estudiantes.

### **La participación en el Encuentro Toledo de Iniciación Científica (ETIC)**

Durante el desarrollo de los proyectos, los estudiantes registran toda la información de los artículos analizados, y cada grupo redacta un artículo sobre su objeto de estudio. Los resúmenes fueron enviados para el Encuentro Toledo de Iniciación Científica (ETIC). Los artículos fueron aceptados y los estudiantes tuvieron la oportunidad de presentar los resultados de su investigación. Esos resúmenes serán publicados en una revista de la institución.



FIGURA 4. Participación y presentación de los trabajos de los estudiantes en el ETIC

Los estudiantes también pudieron asistir a la presentación de los trabajos de otros estudiantes y descubrir posibilidades para sus futuros profesionales.

### Visita al Instituto Federal de São Paulo - IFSP

El Instituto Federal de São Paulo – ciudad de Birigui, organizó un evento llamado "Conociendo el IFSP." En esa oportunidad, los estudiantes tuvieron contacto con las acciones del proyecto LIFENano y asistieron a conferencias (acerca de Astronomía y Nanotecnología) y cursos de corta duración (aplicación de App Inventor).





FIGURA 4. Visita de los alumnos al IFSP y su asistencia a cursos de corta duración.

### Evento PIBIC en la escuela "Felicio Tarabay"

Para presentar el trabajo desarrollado por los estudiantes, fue organizado un evento con la participación de toda la comunidad escolar (Figura 5). En este evento, más allá de la difusión del trabajo llevado a cabo, el objetivo era motivar a nuevos estudiantes para participar en el proyecto.

El evento incluyó la presentación de un estudiante del curso de graduación (acerca de la nanotecnología), coordinador del proyecto, maestros, así como el grupo de estudiantes que participan en el proyecto actual (presentando sus trabajos).

El evento fue un éxito; asistieron alrededor de 60 estudiantes interesados en participar en la nueva versión de “PIBIC Junior” y “PIBIC Escuela Secundaria”. El profesor coordinador solicitó seis (6) nuevas becas para que estudiantes se unan al proyecto y dio la bienvenida a los estudiantes que estaban dispuestos a participar como voluntarios. Todo esto apunta hacia un crecimiento apreciable del proyecto.

Los estudiantes participantes y maestros recibieron certificados de asistencia y de presentación, según el caso.





FIGURA 5. *La participación y la presentación de los trabajos en la escuela.*

## Metodología

Metodológicamente, el trabajo se llevó a cabo en lo año 2016, en una escuela pública secundaria llamada Escuela Estatal “Felício Tarabay”, en la ciudad de Tarabai del estado de São Paulo, Brasil. Las actividades y presentaciones se han desarrollado por alumnos que reciben becas del proyecto “PIBIC Junior”. La actividad contó con la participación de un total de 60 estudiantes interesados en ayudar a llevar el proyecto a la escuela secundaria.

La actividad fue realizada en tres momentos. El primero fue destinado a una presentación del coordinador y de maestros responsables por las acciones del proyecto en la escuela. El segundo momento fue destinado a una presentación de los alumnos acerca de los temas investigados sobre la nanotecnología. El tercer momento fue dedicado al proceso de evaluación, donde fue presentado a los alumnos un cuestionario sistemáticamente articulado para obtener informaciones escritas por parte dos sujetos investigados. El objetivo es conocer la opinión de los alumnos sobre el objeto de estudio.

La colección de datos fue hecha con base en un instrumento previamente preparado, el cual presenta seis preguntas. Las preguntas son las siguientes:

1. *¿Cómo se enteró del programa PIBIC Junior?*
2. *¿Por qué decidió participar en el programa PIBIC Junior?*
3. *¿Cómo se enteró de la nanotecnología?*
4. *¿Si usted no ha oído, porque piensa que no ha oído?*
5. *¿Si desea saber más acerca de la nanotecnología, ¿cuál es la razón principal?*
6. *¿En qué sectores / áreas que la nanotecnología se ha aplicado directamente?*

## Resultados y Discusión

A partir de los datos provenientes de los cuestionarios, fue posible analizar los resultados y construir los gráficos mostrados en la Figura 6.

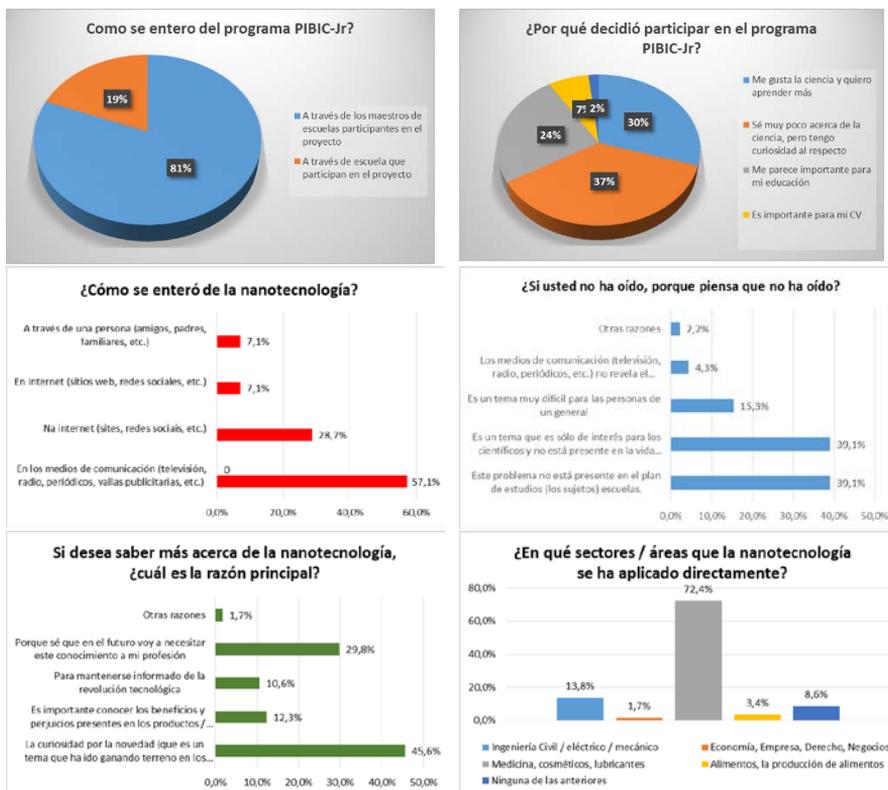


FIGURA 6. Gráficos que muestran los resultados de los cuestionarios

A partir de las respuestas indicadas en la pregunta 1, se verificó que la mayoría de los estudiantes escucharon sobre el proyecto a través de los maestros (81%), mientras el resto lo supo a través de sus compañeros. En este sentido, los datos señalan que el papel del profesor es muy importante en términos del diseño de la divulgación para despertar el interés de los estudiantes.

En la pregunta 2, se verificó que los motivos que llevaron a los estudiantes a participar en el proyecto fueron: (37%) curiosidad sobre el tema; (30%) interés por la ciencia; (24%) la importancia académica y (7%) para el plan de estudios futuros. El tema despierta mucho la atención de los jóvenes porque es un tema reciente y está presente en muchos productos tecnológicos innovadores, los cuales tienen ventajas sobre los productos tradicionales.

Según la pregunta 3, los que ya sabían dicen que lo han visto/escuchado en los medios de comunicación (57,1%); Internet (28,7%); en la escuela (7,1%) y por una persona conocida (7,1%). Aunque la escuela debe dar a conocer el

tema a los estudiantes, los mismos reciben esta información en los medios de comunicación e INTERNET.

Los estudiantes que no han oído hablar de la nanotecnología (Pregunta 4) reportan las siguientes razones: (39,1%) no está presente en el plan de estudios; (39,1%) interés sólo para los científicos; (15,3%) es muy difícil; (4,3%) los medios de comunicación consultados no lo han informado. De cualquier modo, los estudiantes creen que la nanotecnología está lejos de su día a día.

A partir de las respuestas indicadas en la pregunta 5, se verificó que (45,6%) dijo que la razón para saber más sobre la nanotecnología se debe a que es un tema nuevo que está presente en los medios de comunicación; (29,8%), ya que se necesita saber para el futuro; (12,3%), para conocer los beneficios y los daños; (10,6%) para mantenerse informado sobre la revolución tecnológica. Los estudiantes se interesan por temas recientes.

Cuando se preguntó a los estudiantes acerca de las áreas y sectores donde la nanotecnología está presente, los mismos responderán que: (72,4%) en los medicamentos, cosméticos y lubricantes; (13,8%) ingeniería; (3,4%) en la producción de alimentos y piensos; (1,7%) economía, administración de empresas, derecho y negocios. Los estudiantes demostraron conocer las áreas en las que se emplea la nanotecnología.

## Conclusiones

Sin dudas, los factores afectivos, sociales y motivacionales influyen en el aprendizaje de los estudiantes, para cualquier área de estudio. Aunque el aprendizaje puede ocurrir independientemente de la motivación, esto es un factor crucial para que se produzca un aprendizaje significativo. En este sentido, el proyecto “PIBIC Junior” puede despertar la motivación de los estudiantes para conocer sobre temas de la ciencia contemporánea.

Factores afectivos están relacionados con el estímulo del maestro, un elogio de los padres y la recompensa. Creemos que sólo las recompensas positivas pueden ser fructíferas para fomentar el aprendizaje de los estudiantes.

Los factores sociales están relacionados, de acuerdo con Ausubel [9], y Ausubel *et al.* [10]: (i) el *engrandecimiento del ego*, en que el individuo está interesado en la realización como fuente de las aspiraciones vocacionales y en este sentido, la beca otorgada PIBIC, influencia en la motivación del estudiante (apoyo financiero). Los certificados conferidos en las reuniones que los estudiantes participaron y certificados de participación en los proyectos es un factor de motivación; (ii) *promoción social* se refiere la motivación externa para el alumno a partir de una persona o grupo (en este caso, pueden ser los padres o compañeros).

Sin embargo, tenemos la motivación llamada interna (iii) *el impulso cognitivo*, que es definido como el deseo de conocimiento como un fin en sí mismo. Este es el más importante para un aprendizaje significativo. Es el "deseo de saber." Cuando se siente necesidad de desarrollarse, la experiencia de aprendizaje se vuelve más significativa y agradable. El estudiante va a cuestionar, para preparar nuevas ideas, en un marco de referencia personal activo y crítico. Por lo tanto, la investigación en nanotecnología puede instigar el placer de lo estudiante por querer conocer más.

Creemos que iniciativas como esta pueden contribuir en gran medida a la formación de ciudadanos conscientes de los avances tecnológicos presentes en el mundo contemporáneo, lo que contribuye a una perspectiva de futuro y, posiblemente, motiva los estudiantes para seguir una carrera científica.

### Agradecimientos

Los autores agradecen "Prope" y "CNPq" por las becas concedidas a los estudiantes de secundaria a través de los Proyectos PIBIC Junior y Escuela Secundaria PIBIC; la "ProGrad" UNESP por los recursos dedicados al Centro de Educación de la UNESP; a la "Proex" por los recursos y por la beca concedida para el proyecto de extensión "Una invitación a la Física" y, por último, a la Escuela "Felicio Tarabay" y los padres, por la confianza en el proyecto y por la educación de los jóvenes. También agradecen a colegas de NANODYF, en especial, al profesor Alexys Bruno Alfonso.

### Referencias

- [1] A. B. Alfonso, Situação atual da divulgação e do treinamento em nanociência e nanotecnologia no Brasil. *Mundo Nano*. Vol. 4, No. 2 (2011).
- [2] A. V. Ribeiro, M. P. Souza Filho; A. Bruno-Alfonso *Propuestas para introducción de Nanociencia y Nanotecnología en escuelas preuniversitarias*. *Revista Digital Universitaria*, Vol. 14, p. 1-13 (2013).
- [3] A. V. Ribeiro, M. P. Souza-Filho. *Proyecto de ambientes innovadora de enseñanza y la propuesta del laboratorio de formación interdisciplinar de educadores en Nanociencia y Nanotecnología - LIFENano/IFSP*. *Momento (Revista de Física)*, No. 49E, p. 38-48 (2015).
- [4] A. V. Ribeiro, M. P. Souza-Filho, A. Bruno Alfonso, *Formación en Nanotecnología para la educación secundaria: acciones y perspectivas del proyecto LifeNano-IFSP*. *Momento (Revista de Física)*, No. 51E, p. 17-31 (2016).
- [5] F. B. Silva, M. P. Souza-Filho, A. M. O. Araya. *Divulgação Científica e Nanotecnologia: resultados preliminares de um Projeto de Extensão sobre as concepções dos estudantes do curso de licenciatura em Física e Química da Unesp/Pres*. Prudente. In: 8º Congresso de Extensão Universitária da UNESP, 2015.

- 
- [6] F. B. Silva, M. P. Souza-Filho, G. M. O. Santos, *Concepções sobre a Nanotecnologia: levantamento inicial das ideias prévias de estudantes e do público em geral*. In: XXVII Congresso de Iniciação Científica, 2015b.
- [7] M. P. Souza-Filho, A. V. Ribeiro, U. J. Raminelli; C. M. P. Raminelli, F. B. Silva, *Participación de estudiantes de la escuela secundaria en la investigación y difusión de la nanotecnología*. In: Libro de resúmenes – V Simposio Internacional de Divulgación y Formación en Nanotecnología. 2016.
- [8] H. O. Toma, *Mundo nanométrico: a dimensão do novo século*. 2<sup>a</sup>. ed., Oficina de Textos, 2009.
- [9] D. P. Ausubel, J. D. Novak, H. Hanesian, *Psicología Educacional*. 2<sup>a</sup>. ed., Rio de Janeiro: Editora Interamericana Ltda. 1980.
- [10] D. P. Ausubel, *Educational Psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winton, inc., 1968. 685p.