

FORMACIÓN EN NANOTECNOLOGÍA PARA LA EDUCACIÓN SECUNDARIA: ACCIONES Y PERSPECTIVAS DEL PROYECTO LIFENANO-IFSP

TRAINING IN NANOTECHNOLOGY FOR BASIC EDUCATION: ACTIONS AND PERSPECTIVES OF THE LIFENANO-IFSP PROJECT

**Allan V. Ribeiro¹, Moacir P. de Souza-Filho²,
Alexys Bruno-Alfonso³**

¹ NANODYF, Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de São Paulo, IFSP, Birigui, Brasil

² NANODYF, Departamento de Física, Universidade Estadual Paulista/UNESP – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente/SP, Brasil

³ NANODYF, Universidade Estadual Paulista/UNESP – Faculdade de Ciências, Bauru/SP, Brasil

(Recibido: Octubre/2015. Aceptado: Enero/2016)

Resumen

En el medio de los desafíos e iniciativas encaminadas para mejorar la enseñanza en diversas áreas del conocimiento en la educación básica, está el perfeccionamiento de la formación docente. Esto viene siendo debatido tanto por el gobierno federal brasileño como por la comunidad académica. Los enfoques metodológicos innovadores orientados a temas de ciencia contemporáneos y las propuestas para la introducción sistemática de conceptos de nanociencia y nanotecnología son aún muy incipientes. Esa situación no se limita a Brasil; se presenta también en otros países iberoamericanos. En este panorama es necesario el uso de estrategias colaborativas con el fin de establecer acciones de difusión y formación en nanociencia y nanotecnología. En este trabajo se presentan acciones y perspectivas de un laboratorio para capacitación inter-disciplinar de educadores en nanociencia y nanotecnología en el interior del estado de São Paulo, en Brasil. También se muestra como el laboratorio interactúa con un programa de becas de iniciación a la enseñanza financiado por el gobierno federal brasileño. Finalmente, se discuten las motivaciones de los estudiantes participantes y las potenciales contribuciones del laboratorio para una red internacional

orientada a la difusión y a la capacitación en nanociencia y nanotecnología.

Palabras Clave: Nanociencia y Nanotecnología, Interdisciplinaridad, Formación de Profesores.

Abstract

Among the challenges and initiatives aiming the improvement of teaching in several areas of knowledge in basic education, the enhancement of the formation of teachers plays a key role. Both the Brazilian government and the academic community have debated about this. Innovative methodological approaches devoted to contemporary topics of science are still incipient. This occurs in Brazil as well as in other Iberian American countries. In these conditions, the use of collaborative strategies is necessary towards the diffusion and the education in nanoscience and nanotechnology. This work presents actions and perspectives of the laboratory for the interdisciplinary formation of teachers in nanoscience and nanotechnology in the countryside of the State of São Paulo, in Brazil. It has been shown how this laboratory interacts with an institutional program of fellowships for teaching apprenticeship that is supported by the Brazilian Federal Government. Finally, the motivations of the participating students and the contributions of the laboratory to an international network devoted to the diffusion and education in nanoscience and nanotechnology are discussed.

Keywords: Nanoscience and Nanotechnology, Interdisciplinary, Teachers training.

Introducción

El desarrollo de la tecnología ocurre de acuerdo con las necesidades crecientes de la humanidad. De un lado, el desarrollo es motivado por el consumo creciente de alimentos y de artefactos que mejoran, por ejemplo, las condiciones de habitación y transporte, los tratamientos médicos, los métodos de comunicación y las actividades de recreación. Del otro lado, y simultáneamente, la humanidad siente la necesidad de hacer un uso más racional de los recursos naturales y de un tratamiento adecuado de los residuos de los procesos de producción. Esto quiere decir que hace falta que la tecnología sea analizada y controlada desde varios puntos de vista, para

que la sociedad en general y los agentes más directos de su desarrollo puedan alcanzar sus metas de producción, sin dejar de minimizar los riesgos ambientales y sociales. [1]

La nanotecnología es una de las formas que la tecnología ha adoptado como resultado del trabajo conjunto de científicos e ingenieros que, en las últimas cuatro o cinco décadas, han tratado de controlar la fabricación o síntesis y el funcionamiento de dispositivos en la escala del nanómetro. Esto incluye los procesos de litografía en que muestras macroscópicas son modificadas con ayuda de instrumentos ópticos y agentes químicos, y los procesos de manipulación atómica y molecular que utilizan microscopios con detectores y puntas cada vez más precisos. [2]

Como unidad física de longitud, un nanómetro es una millonésima parte de un milímetro. Este, por su vez, es bastante familiar en la escuela, pues está marcado en las reglas plásticas o metálicas que los alumnos usan desde muy niños. Aun así, el proceso de imaginar la millonésima parte de esa división mínima no es tan simple. Puede ser más fácil asimilar la idea al comparar con el tamaño de microorganismos que pueden ser observados en el laboratorio de biología. El tamaño típico de una bacteria es del orden de un micrómetro, que es mil veces menor que un milímetro y mil veces mayor que un nanómetro. Los virus y las membranas son aproximadamente diez veces y cien veces menores, respectivamente. El laboratorio de física también ofrece la oportunidad de aprender sobre fracciones del micrómetro. Por ejemplo, al estudiar los fenómenos de interferencia de ondas electromagnéticas visibles, se trabaja con longitudes de onda entre el 70% y el 35% de un micrómetro. Para entrar en el área de la nanotecnología es necesario ir para longitudes de onda menores que incluyen el ultravioleta y parte de los rayos X. Se debe notar que es muy importante que las personas no se limiten a la lectura y a las discusiones teóricas sobre esta parte de la tecnología. Las ideas pueden hacerse cada vez más claras e intuitivas, si son usados los sentidos para analizar los fenómenos en el laboratorio, aunque esto se haga de forma indirecta, con el auxilio de los instrumentos disponibles. Y aunque no es tan fácil comprender los procesos bioquímicos y sensoriales en el cuerpo humano, también puede ser muy interesante notar que la molécula del azúcar que es frecuentemente experimentado en la cocina y en las glosinas tiene un diámetro aproximado de un nanómetro.

La comprensión y previsión de los fenómenos que ocurren en la escala de interés de la nanotecnología requiere que sean realizadas investigaciones científicas que forman la nanociencia. Desde el punto de vista de la física, esa escala, entre 0,1 y 100 nanómetros, impone el uso frecuente de los conceptos y métodos de la mecánica cuántica. Esto hace que las investigaciones incluyan tanto debates apasionados sobre los fundamentos

de la física como trabajos matemáticos y computacionales bastante pesados. De todas formas, es muy importante destacar que la nanociencia y la nanotecnología se caracterizan por su alto grado de interdisciplinariedad. El estudio de muchos mecanismos y las motivaciones hacen parte de ramas de la ciencia en que las estructuras y los procesos son todavía más complejos que los usualmente investigados por la física. Consecuentemente, el desarrollo de la nanociencia y la nanotecnología viene del trabajo integrado de físicos, químicos, biólogos, médicos, ingenieros, matemáticos, especialistas de la computación y de otras ramas del saber. Hay méritos de todos y oportunidades para todos.

Desde el punto de vista escolar, la necesidad de tener conocimientos avanzados para comprender y actuar en la nanociencia y la nanotecnología (N&N) no debe ser vista como una barrera que los alumnos no puedan superar. Al contrario, la importancia y la belleza de N&N, y las posibilidades promisoras de excelentes empleos, pueden servir como motivaciones para el aprendizaje, tanto de ellas mismas como de las asignaturas de ciencias básicas que son ofrecidas en la escuela. Al mismo tiempo, la capacidad de aprendizaje de los alumnos nunca debe ser subestimada.

El papel de la motivación en la enseñanza

Los procesos de enseñanza y aprendizaje que se establecen en la escuela son bastante complejos y su éxito depende del grado de preparación de todos los participantes. Muchas veces no es suficiente que los profesores presenten los contenidos de la forma más clara y completa que les sea posible. Hay estudiantes que no dedican suficiente tiempo y esfuerzo para aprender a un tema de estudio. Ellos no adquieren el conocimiento totalmente ni lo conservan en la memoria mientras no sientan la necesidad de adquirir conocimientos como una finalidad en sí misma. Aunque los individuos pueden adquirir información y habilidades fortuitamente, tiene que haber un esfuerzo deliberado para que ocurra un aprendizaje eficiente de la mayoría de material académico. Esta necesidad o deseo se llama "motivación". En este sentido, el significado sólo puede ser alcanzado si el estudiante está dispuesto a dedicar el esfuerzo necesario para integrar nuevo material conceptual en su marco de referencia particular. En otras palabras, esto significa traducir y estructurar nuevas ideas en las propias palabras de la persona y relacionarlas con su experiencia, su historia personal y su sistema de ideas. [3]

Aunque Ausubel considere que la motivación no es un factor esencial para el aprendizaje, para él, ella puede, sin duda, facilitar significativamente la adquisición de nuevos conceptos, en la tarea de dominar temas pertinentes a

un área de interés del sujeto. Obviamente, afirmar que el aprendizaje significativo puede ocurrir en la ausencia de motivación no significa negar el hecho de que la motivación puede facilitar el aprendizaje de modo significativo, siempre que esté presente y funcionando.

Frente a los que se ha dicho, para que el estudiante pueda entender conceptos de la nanotecnología es necesario que haya interés y predisposición para el aprendizaje. Sin embargo, también se necesita mucho estudio y dedicación, sobre todo para que el estudiante pueda comprender el comportamiento y los arreglos de átomos y moléculas por medio de la abstracción. Estas variables motivacionales y actitudinales son necesarias para energizar todos o algunos aspectos en el ámbito del aprendizaje.

Según Ausubel [3,4] la *motivación de realización* tiene básicamente tres componentes, a saber: I) *impulso cognitivo*; II) *engrandecimiento del ego* y; III) *proceso de afiliación*. Estos componentes se explican en detalle a lo largo de este artículo.

Una breve historia sobre el proyecto LIFENano/IFSP

El proceso de enseñanza-aprendizaje es algo muy complejo porque es una relación interpersonal. Así, incluso aunque profesor enseñe el tema de su especialidad, no hay ninguna garantía de que el estudiante aprenderá el contenido enseñado. Obviamente, muchos factores son determinantes para ese fracaso, pero las metodologías de enseñanza, o la forma en que se aborda el contenido, tiene un papel destacado en el proceso de aprendizaje. [5]

Así podemos señalar que metodologías que proporcionan a los estudiantes un rol protagónico, es decir, metodologías activas de aprendizaje articuladas con los aspectos motivacionales, son ingredientes importantes para conducir las prácticas educativas con características innovadoras para el éxito [6]. Con esta perspectiva es necesario que las instituciones que actúan en la formación de los docentes establezcan ambientes propicios donde esos enfoques metodológicos de carácter activo, colaborativo e interdisciplinar, puedan ser incorporadas en las prácticas pedagógicas de los futuros educadores. [7]

Con respecto a temas relacionados con la ciencia contemporánea, como Nanociencia y Nanotecnología, es imprescindible un acercamiento significativo a la utilización de estas nuevas metodologías. Lejos de una propuesta articulada y afirmativa, se destaca que, en Brasil, la educación básica y cursos de formación de profesores no incluyen de forma sistemática temas actuales y relevantes como N&N, aunque estas están presentes en los

medios de comunicación y, cada vez más, están incorporándose a la vida cotidiana en escala nacional y global.

En este panorama es necesario el uso de estrategias innovadoras que permitan establecer acciones dirigidas a la difusión y capacitación en N&N. Como una propuesta innovadora y audaz, el laboratorio LIFENano/IFSP se ubicó entre los 20 mejores proyectos presentados a nivel nacional, ante la llamada LIFE n° 067/2013 de la financiadora brasileña CAPES [8]. Con recursos del orden 400.000,00 reales brasileños (del orden de cien mil dólares según la razón de cambio actual de monedas), el laboratorio abrió sus puertas a principios de 2015. El proyecto LIFENano tiene características únicas, ya que reúne los aspectos de la difusión y capacitación en N&N y constituye un polo de innovación para el desarrollo de nuevas técnicas y metodologías basadas en la ciencia contemporánea de la enseñanza. De esa forma, fortalece puentes entre las producciones académicas y la sociedad. Es digno de mencionar que existen otros proyectos relacionados con capacitación en temas de Nanociencia y Nanotecnología en Brasil, pero sólo tienen el carácter de iniciación profesional y no se concentran en la producción de nuevas metodologías y conocimientos dentro del área.

El proyecto pretende promover la capacitación continua de los educadores, la inserción de conceptos relacionados con N&N, en un marco interdisciplinar, en los planes curriculares y en las prácticas pedagógicas. Los objetivos principales son: (i) implementar metodologías activas de enseñanza-aprendizaje basadas en temas relacionados con N&N, intentando fortalecer puentes entre las producciones de la academia y de la sociedad en general; (ii) utilizar y promover la formación inicial de los educadores en N&N, en colaboración con las escuelas públicas de educación básica; (iii) fomentar el uso de nuevas tecnologías digitales de información y comunicación (TDCIs) en la enseñanza; (iv) promover eventos científicos con el objetivo de difundir la ciencia; (v) producir materiales educativos de bajo costo orientados a la enseñanza de N&N. El proyecto cuenta con la colaboración de docentes que actúan en áreas de conocimiento tales como Física, Matemática, Pedagogía, Ciencias de la computación y Mecatrónica. También mantiene colaboraciones con instituciones nacionales e internacionales, y está integrada en la Red "José Roberto Leite" de Divulgación y Formación en Nanotecnología (NANODYF).

Proyecto LIFENano acciones/IFSP vinculados a la formación del profesorado

El proyecto del LIFENano/IFSP fue propuesto por la coordinación del Curso de Formación Pedagógica en Física, con sede en la ciudad Birigui, SP, del Instituto Federal de São Paulo (IFSP), en la segunda mitad de 2013. El curso inició sus operaciones en 2013 y cuenta con tres grupos que unidos

dan un total de 28 alumnos. De éstos, más de 50% están involucrados directamente con el LIFENano, y allí realizan actividades tales como clases experimentales, iniciación científica y la extensión a la comunidad. El campus de Birigui del IFSP tiene aproximadamente 500 estudiantes que se benefician directa o indirectamente del proyecto. Algunos de ellos también participan en el Proyecto Institucional de Becas de Iniciación a la Docencia (PIBID) [9], y reciben apoyo financiero de la CAPES. De esa manera, llevan actividades complementares de enseñanza a las escuelas secundarias y preuniversitarias de la ciudad.

En colaboración con los estudiantes del PIBID y otros voluntarios, se llevan a cabo diversas actividades de docencia, investigación y extensión para los públicos internos y externos del IFSP. A pesar de ser recientes, las acciones ya tienen visibilidad y gran protagonismo. Entre las numerosas conferencias (nacionales e internacionales) y actividades vinculadas al laboratorio LIFENano, se destacan exposiciones sobre ciencia en general y sobre el nanomundo, cursos de extensión y educación continua, ferias de ciencias y otras actividades abiertas a la comunidad y los estudiantes de las escuelas públicas de nivel secundario y preuniversitario. Momentos de algunas de estas acciones son ilustrados en las fotos de la Figura 1. En esas ocasiones hubo una intensa participación de los docentes y de los estudiantes. Esto muestra que los futuros profesores de Física, que son estudiantes del Curso de Formación Pedagógica en Física, están involucrados en varios proyectos institucionales y actividades metodológicas diferenciadas orientadas a la docencia, la investigación y la extensión, con el fin de mejorar y sobresalirse profesionalmente.

Lo que Ausubel denomina como componente de *engrandecimiento del ego* es de carácter extrínseco y está dirigido a la obtención de prestigio académico, promoción de la carrera, obtención de créditos, títulos y diplomas. Incluso las recompensas materiales tienden a ser menos importantes que los estatus académicos, realización y superioridad competitiva [3]. Ella es sin duda la motivación más relevante de la carrera académica y profesional del individuo. En el componente de "engrandecimiento del ego" el individuo está interesado en las fuentes ulteriores del estado alcanzado, lo que determina el grado de satisfacción que el individuo siente, es decir, su nivel de autoestima.

En la mayoría de las culturas, particularmente en la civilización occidental, el engrandecimiento del ego es el componente dominante de la motivación, tanto durante la adolescencia como en la edad adulta. Este hecho es especialmente cierto en la cultura brasileña, especialmente entre los hombres y los grupos de clase media [3]. En un intento por mejorar el engrandecimiento del ego, Ausubel aconseja a ayudar a los estudiantes a

establecer objetivos realistas y a evaluar su progreso en relación con los objetivos, a través de tareas que prueben los límites de su capacidad y que una retroalimentación informativa sobre el grado de aproximación a las metas trazadas.



FIGURA 1. Conferencias y actividades de divulgación en nanociencia y nanotecnología vinculadas al laboratorio LIFENano del IFSP.

Presentamos a continuación algunos proyectos y acciones vinculados al laboratorio LIFENano/IFSP en las cuales los estudiantes del curso de formación pedagógica en Física son protagonistas en el uso y desarrollo de enfoques metodológicos de carácter activo, colaborativo e interdisciplinar. En ese sentido, ellos también son llamados a reflexionar su práctica docente.

Enseñanza de nanociencia y nanotecnología y la realización de las semanas dedicadas a esos temas en escuelas de educación secundaria

Con inicio en 2014, el proyecto de las semanas de nanociencia y nanotecnología tiene como objetivo la búsqueda de la inserción laboral de esos temas y la demostración de sus vínculos como otros temas actuales de la física moderna y contemporánea. Las acciones incluyen un enfoque motivador e innovador para señalar las posibilidades de actualización del

currículo asociado y la contextualización de las clases de Física. Metodológicamente, este trabajo es parte de la implementación del PIBID con el apoyo del LIFENano/IFSP, y está estructurada en tres momentos: (i): revisión de la literatura y el estudio de los referenciales teóricos dedicados al abordaje de tópicos de nanociencia y nanotecnología en la educación básica; (ii): observación de clases del profesor supervisor en la escuela vinculada y la elaboración de las inserciones y secuencias didácticas; (iii): realización de las actividades y del proceso de evaluación junto con la recopilación y análisis inicial de los datos.

En la Figura 2 son ilustradas algunas acciones llevadas a cabo con estudiantes de nivel preuniversitario. A la izquierda se destacan las acciones de la II Semana de la Nanociencia y la Nanotecnología celebrada en el año 2015, en la Escuela Estatal “Prof. Regina Valarini”, que colabora con el proyecto PIBID. A la derecha es mostrado un momento de la visita de alumnos de escuelas públicas a las instalaciones del LIFENano/IFSP.



FIGURA 2. A la izquierda se destacan las acciones de la II Semana de Nanociencia y Nanotecnología realizada en la Escuela Estatal “Prof. Regina Valarini”. A la derecha, se ilustra la visita de estudiantes de escuelas públicas a las instalaciones del laboratorio LIFENano/IFSP.

Realización de Talleres sobre nanociencia y nanotecnología y la confección de nanoestructuras de bajo costo para uso por profesores

En su segunda edición, los talleres tienen como objetivo capacitar a los participantes con técnicas para el desarrollo de materiales de bajo costo, que no son más que bolitas usadas normalmente en artesanía, para fabricar maquetas de nanoestructuras importantes en la nanociencia y la nanotecnología. A través de la construcción de modelos atómicos en escala macroscópica se persigue la capacitación de educadores para desarrollar el interés de los estudiantes por las ciencias naturales y la tecnología.

Los materiales didácticos han sido reproducidos en diferentes escalas ampliadas, siempre manteniendo las formas geométricas espaciales y los enlaces químicos. Además el carácter geométrico-estructural, los materiales didácticos ayudan en la asimilación de conceptos asociados a la escala

nanométrica, de los fundamentos de la nanotecnología, de los métodos de fabricación de los nanomateriales y nanodispositivos, de la caracterización de materiales nanométricos, de las aplicaciones de la nanotecnología, y de las implicaciones epistemológicas y sociales de este tema tan relevante en la actualidad.

La Figura 3 muestra momentos del Segundo Taller. La elaboración de materiales didácticos que imitan nanoestructuras posibilita el establecimiento de procedimientos metodológicos, secuencias didácticas y herramientas de enseñanza-aprendizaje para las escuelas públicas. También permite facilitar el uso de enfoques significativos de aspectos concretos de la nanotecnología, de forma puntual, a través de experimentos o actividades sencillas. Así, la combinación de arte, creatividad inmersa en el tema de nanociencia y nanotecnología, con costos accesibles, establece una trayectoria promisoriosa hacia la preparación de los jóvenes para los nuevos desafíos que plantea la ciencia contemporánea, en sus aspectos sociales más amplios.



FIGURA 3. Registros de las actividades realizadas en el 2^{do} Taller de Nanociencia y Nanotecnología. En esa ocasión fueron confeccionadas maquetas de nanoestructuras de bajo costo para uso por los educadores.

Uso de la Realidad Virtual en la enseñanza de nanociencia y nanotecnología

Con el advenimiento de nuevas tecnologías de información y comunicación (TIC), la interacción comunicativa cambia la manera de ser y de actuar de la gente, al mismo tiempo que cambia la forma de las actividades relacionadas con la educación. Segundo Kenski [10], "velocidad" y "tiempo" son términos-síntesis de conocimiento en el mundo contemporáneo. En este sentido es imperativo utilizar, en las más diversas áreas del conocimiento, las posibilidades ofrecidas por las TIC y las nuevas tecnologías emergentes. En la gama de posibilidades que ofrece el avance de los recursos computacionales se destacan tecnologías capaces de expresar

representaciones de la realidad o de la imaginación, como por ejemplo, sistemas de escala nanométrica.

El desarrollo de actividades que incluyen el uso de realidad virtual se ha dividido en cuatro grandes momentos, basados en la realización de investigaciones bibliográficas y análisis de la literatura; uso de herramientas para la producción de medios audiovisuales en formato 3D y el uso de herramientas de desarrollo basados en la tecnología Google Cardboard, como se ilustra en la Figura 4. Esta realidad virtual reúne diferentes hipótesis metodológicas y puede actuar directamente y activamente en los aspectos motivacionales, pues presenta un alto poder de ilustración e interactividad. En este sentido, el objetivo principal de este proyecto es hacer que el futuro educador reflexione y ponga en práctica el uso de tecnologías computacionales para abordar las cuestiones relacionadas con N&N, por medio de elementos asociados con la realidad virtual.



FIGURA 4. Pruebas de los equipamientos de Realidad Virtual con inmersión, basada en la tecnología Google Cardboard, dedicada a la enseñanza de nanociencia y nanotecnología.

La realización de la semana de nanociencia y nanotecnología, del taller de nanociencia y nanotecnología con la producción de maquetas de nanoestructuras, y el uso de realidad virtual son las actividades que involucran a los estudiantes y profesores interesados en lo que se dispone de más moderno en términos de enseñanza y de aplicaciones en el mundo contemporáneo. Las personas se han involucrado por el simple placer que esas actividades les proporcionan.

El *impulso cognoscitivo* es, con razón, la necesidad de adquirir conocimientos y resolver problemas académicos, como fines en sí mismos. La recompensa que satisface el impulso es inherente a la tarea de sí misma. El poder inherente al aprendizaje significativo proporciona automáticamente

su propia recompensa, más allá de cualquier consideración de recompensa extrínseca o aprobación. Por lo tanto, podemos decir que las características del impulso cognitivo son de tipo *intrínseco*.

Ausubel [3] sugiere maximizar el impulso cognitivo a través de la activación de la curiosidad intelectual, usando el material que atraiga la atención y organizando las clases para asegurar un aprendizaje exitoso.

Perspectivas del proyecto LIFENano/IFSP

El laboratorio LIFENano/IFSP se ha convertido en un polo de innovación orientado al desarrollo de nuevas metodologías activas de enseñanza y aprendizaje. Con el potencial para inclusión social asociado a la alfabetización científica, el LIFENano lleva a cabo acciones articuladas con el programa PIBID/CAPES, desarrollando: maquetas de nanoestructuras de bajo costo; secuencias didácticas; investigación en realidad virtual aplicada a la enseñanza; artículos académicos; conferencias y cursos de corta duración; y la difusión de temas de nanociencia y nanotecnología a través de los medios de comunicación y de sitios en redes sociales tales como <https://www.facebook.com/pibidnano>.

Esas actividades han sido reconocidas en las esferas académica, política y social. La inauguración contó con la presencia del alcalde y de concejales de la ciudad de Birigui, SP, y de directores del IFSP. Debido a su importancia para la región y el país, el proyecto recibió una felicitación oficial de parte de la ciudad de Birigui/SP. Además, el proyecto se ha integrado a la Red NANODYF (del www.nanodyf.org), la cual cuenta con la participación de 31 grupos provenientes de 19 países. Esa red desarrolla actividades de difusión y capacitación en nanociencia y nanotecnología.

La visibilidad que se ha ganado el laboratorio LIFENano resalta al mismo tiempo el trabajo de las personas que trabajan directamente con los proyectos o que de una manera u otra están involucrados con las actividades. Esas personas se sienten valoradas por los demás, porque adquieren un status diferenciado en la sociedad.

De esa forma, el componente motivacional *de afiliación* se refiere a la realización, en lo que se refiere a la aprobación de una persona o grupo con quien el individuo se identifica en un sentido dependiente y cuya aceptación adquiere *status vicário* (en reemplazo de su propio deseo) o *derivado*. [3] Por lo general, el impulso de afiliación es más pronunciado durante la infancia. Los niños buscan y toman placer en conseguir status derivado, basado en la identificación dependiente con los padres.

Conclusiones

La creación del laboratorio LIFENano en el IFSP estableció en la región centro-oeste del estado de São Paulo un espacio innovador de capacitación de educadores en un ambiente interdisciplinar que reúne aspectos dirigidos a mejorar la calidad de la enseñanza. Este ambiente representa un espacio para el desarrollo de nuevas técnicas y metodologías de enseñanza basadas en temas de nanociencia y nanotecnología (N&N), buscando fortalecer puentes entre las producciones académicas y la sociedad. También trabaja en el desarrollo de actividades pedagógicas que involucran estudiantes de escuelas públicas de educación básica, los alumnos del curso de formación pedagógica en Física y los maestros de educación básica. Este ambiente integrador le ha estado dando oportunidades a los estudiantes y profesores para su formación continua con acceso a temas de ciencia contemporánea.

Un diferencial muy importante está relacionado con los aspectos motivacionales y el potencial de inclusión social para lograr acciones relacionadas con la alfabetización científica en distintos niveles de la enseñanza. Con bases metodológicas diferenciadas, diversas acciones del proyecto de LIFENano se están realizando junto a la sociedad, en diversos espacios formales, no formales y en varios vehículos de comunicación para la difusión de temas relacionados con N&N. Consecuentemente, desde su creación, las actividades realizadas del LIFENano han recibido reconocimiento institucional y regional, incluyendo comunicaciones de autoridades políticas en eventos y documentos que manifiestan felicitaciones oficiales. Desde el punto de vista regional el reconocimiento es muy grande, pues se trata de un proyecto innovador en una ciudad carente de profesionales de la enseñanza en ciencias naturales.

Desde el punto de vista motivacional, el conocimiento del aprendizaje exitoso (satisfacción de *impulsos cognitivos*, *engrandecimiento del ego*, de *afiliación* para la adquisición de nuevos conocimientos) energiza los esfuerzos de aprendizaje subsecuente. Esto se debe al incremento de la autoconfianza de los alumnos, animándolos a perseverar e intensificar la atracción subjetiva de la tarea de aprendizaje. Al mismo tiempo, motiva a los individuos a utilizar lo que han aprendido a través de la práctica y del rendimiento subsecuente. También los anima a continuar desarrollando y ejercitando las razones que fueron satisfechos o recompensados, esto es, el deseo de saber, tanto como un fin en sí mismo, o como un medio de aumentar el status e/o la autoestima. [3]

Para Ausubel son los estudiantes, no los profesores, los que deben hacer el mayor número de preguntas y deben estar más interesados en la formulación de problemas. Según él, el maestro no puede navegar intelectualmente por el

estudiante. Se concluye, por lo tanto, que ideas impuestas a los estudiantes o aceptadas de modo pasivo y no crítico no podrán ser significativas en el sentido pleno de la palabra. El entusiasmo, la curiosidad, y las actitudes críticas observadas en los alumnos durante sus actividades y visitas al laboratorio LIFENano del IFSP indican que este proyecto viene plantando y cosechando frutos en la dirección correcta.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero de la agencia brasileña CAPES, a través de los programas LIFE e PIBID, así como del Instituto Federal de Ciencia y Tecnología de São Paulo. También agradecen a colegas de NANODYF, la Red Internacional de Divulgación y Formación en Nanotecnología.

Referencias

- [1] M. F. AZNAR, *Technology Challenged: Understanding Our Creations & Choosing Our Future*. Knowledge Context, 2005.
- [2] P. A. S. DOMINGO, *La nanotecnología*. Vol. 11. Editorial CSIC-CSIC Press, 2010.
- [3] D. P. AUSUBEL; J. D. NOVAK; H. HANESIAN, *Psicología Educacional*. 2ª. ed., Rio de Janeiro: Editora Interamericana Ltda. 1980.
- [4] D. P. AUSUBEL, *Educational Psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winton, inc., 1968. 685p.
- [5] M. P. SOUZA FILHO; A. M. O. A. BALAN; C. H. SILVA; A. V. RIBEIRO, *Flipped Classroom, Peer Instruction e Problem Based Learning: conceitos básicos sobre esses termos e algumas considerações para suas implementações no ensino de Física*. In: *III Simpósio Internacional de Educação a Distância e V Simpósio de Educação Inclusiva e Adaptações*, 2015.
- [6] A. V. RIBEIRO; M. P. SOUZA FILHO; A. BRUNO-ALFONSO. *Propuestas para introducción de Nanociencia y Nanotecnología en escuelas preuniversitarias*. *Revista Digital Universitaria*, v. 14, 2013.
- [7] A. V. RIBEIRO; M. P. SOUZA FILHO. *Proyecto de ambientes innovadores de enseñanza y la propuesta del laboratório de formação interdisciplinar de educadores en nanociencia y nanotecnologia - LIFENano/IFSP*. *MOMENTO - Revista de Física*, v. 49, 2015.
- [8] LIFE, <http://www.capes.gov.br/educacao-basica/life> (2013).
- [9] Ministério da Educação. *Edital N° 061/2013/CAPES: Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência*. Disponível em: <http://www.capes.gov.br/images/stories/download/editais/Edital_061_2013_PIBID.pdf>. Acesso em: 01 out. 2015

[10] V. M. KENSKI, *Tecnologias e ensino presencial e a distância*. Campinas, SP: Papyrus, 2003.