

# La física y el trabajo científico estudiantil en la formación del ingeniero biomédico



**Rolando Serra Toledo<sup>1</sup>, Ibette Alfonso Pérez<sup>2</sup>, Rubén Herrera Rodríguez<sup>3</sup>, Daniel Souza Ferreira Magalhães<sup>4</sup>, Mikiya Muramatsu<sup>5</sup>, Diogo Soga<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>*Departamento de Física, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría - CUJAE, Ciudad de la Habana, Cuba.*

<sup>2</sup>*Centro de Referencia para la Educación de Avanzada, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría - CUJAE, Ciudad de la Habana, Cuba.*

<sup>3</sup>*Departamento de Bioingeniería, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría - CUJAE, Ciudad de la Habana, Cuba.*

<sup>4</sup>*Laboratório de Neuroimagem, Hospital de Clínicas da Unicamp, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, Campinas, SP, Brasil.*

<sup>5</sup>*Grupo de Óptica e Sistemas Amorfos, Departamento de Física Geral, Instituto de Física da Universidade de São Paulo - USP, SP, Brasil.*

**E-mail:** serra@electronica.cujae.edu.cu

(Recibido el 31 de Enero de 2013; aceptado el 24 de Marzo de 2013)

## Resumen

Para elevar la calidad de los futuros especialistas es imprescindible la investigación científica debido al elevado ritmo de desarrollo de la ciencia y la técnica que hace que los profesionales tengan que reaccionar de manera creadora ante los problemas de mayor actualidad e importancia. Desarrollar el pensamiento científico es una de las finalidades de la Educación Superior y es responsabilidad de todas las disciplinas que conforman una carrera. Entre las funciones principales de un profesor universitario está su capacidad para utilizar formativamente los resultados del trabajo de investigación. El trabajo científico investigativo debe ser una exigencia académica desde los primeros años de la carrera, como parte de la formación integral de los estudiantes. En el trabajo se muestran los resultados alcanzados por la disciplina Física en el desarrollo del trabajo científico estudiantil con los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Biomédica del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, incrementándose considerablemente el número de estudiantes participando en la investigación científica y su motivación por ésta, la actividad de trabajo independiente y creadora y logrando la vinculación de los conocimientos con la práctica así como la integración con otras disciplinas de la carrera.

**Palabras clave:** Física, trabajo científico estudiantil, ingeniero biomédico.

## Abstract

Scientific research is essential to improve the quality of future specialists, due to the high rate of development of science and technology which professionals have to respond creatively to the problems of greatest relevance and importance. Developing scientific thinking is one of the purposes of Higher Education and it is responsibility of all the disciplines that compose a career. Among the main functions of a university professor is their ability to use the results of the research to form the student. The scientific research should be an academic requirement since the early years of career, as part of integral formation of students. This work shows the achieved results of the Physical discipline in the development of student scientific work with students of the Biomedical Engineering career at the Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, significantly increasing the number of students participating in scientific research and their motivation for this, the activity of independent and creative work and making the link between knowledge and practice as well as the integration with other disciplines of the career.

**Keywords:** Physics, student scientific work, biomedical engineer.

**PACS:** 01.40.gb, 0140.Fk, 0155+b

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUCCIÓN

Para elevar la calidad en la formación de los futuros profesionales es imprescindible la investigación científica debido al acelerado ritmo de desarrollo de la ciencia y la

técnica que hace que los profesionales tengan que reaccionar de manera creadora ante los problemas de mayor actualidad e importancia. Desarrollar el pensamiento científico es una de las finalidades de la Educación Superior

y es responsabilidad de todas las disciplinas que conforman una carrera.

El trabajo científico estudiantil constituye una de las actividades docentes de mayor importancia en la formación de profesionales de nivel superior y para lograr una preparación adecuada del egresado con el objetivo de que sea capaz de desarrollar una actividad investigativa acorde a su labor profesional se requiere de una atención multidisciplinaria tanto a la actividad científico estudiantil curricular como extracurricular [1].

Aunque en las carreras de ingeniería la actividad científico estudiantil se desarrolla fundamentalmente por vía extracurricular, la actividad docente curricular posee amplias posibilidades de formar al estudiante en el espíritu de la investigación científica ya que utilizando la vinculación del contenido de los programas de las asignaturas con los métodos de investigación propios de la ciencia particular, se puede brindar a los estudiantes los elementos generales sobre el método científico, el ciclo del conocimiento científico y en particular sobre la planificación y ejecución de una investigación.

El trabajo científico estudiantil constituye una de las formas más efectivas para lograr la vinculación de los conocimientos del alumno universitario con la práctica. Además desarrolla en ellos la habilidad para el análisis y la valoración crítica de los resultados y contribuye a la asimilación de los conocimientos [2].

El trabajo investigativo debe constituirse como un sistema que contemple a todos los estudiantes universitarios, pues como se ha planteado el componente investigativo está presente en la estructura del sistema de conocimientos, en el modo en que se enseña y se aprende y en la manera de resolver los problemas [3]. Cualquier tipo de investigación que se proyecte para los estudiantes debe estar vinculada a algún tipo de ejercicio académico (trabajo extraclase, trabajo de curso, examen final, trabajo de diploma u otros) y en ello ha estado fundamentada la instrumentación del presente trabajo [4, 5].

Diversos autores refieren que la función del docente reposa en gran medida, en su capacidad para utilizar formativamente los resultados del trabajo de investigación y que el trabajo científico investigativo debe ser una exigencia académica desde los primeros años de la carrera, como parte de la formación integral de los estudiantes [6, 7, 8].

La actividad científica estudiantil por tanto, es el trabajo investigativo que realizan los estudiantes durante su formación como futuros profesionales, dirigidos, tutorados y asesorados por sus profesores. Forma parte del proceso docente educativo, tanto en lo curricular como en lo extracurricular y puede realizarse de forma individual o en grupos científico - estudiantiles. Su objetivo es el desarrollo de habilidades y hábitos propios del trabajo científico investigativo, es decir, la aplicación del método científico en la solución de problemas profesionales. Este objetivo debe ser debidamente adecuado durante el tiempo de estudio de acuerdo al año académico correspondiente.

Para la carrera de Ingeniería Biomédica que se imparte en el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría

(Cujae), se han definido características singulares que permiten organizar la actividad científica estudiantil partiendo de la integración de los procesos sustantivos universitarios de formación, investigación y extensión universitaria. Dichas características son:

- La organización de la actividad a lo largo de los años académicos de la especialidad debe cumplir el carácter de sistema, preparando sucesivamente a los estudiantes en los diferentes aspectos de la Metodología de la Investigación que sirven de base a su futura actividad investigativa como profesionales.
- Es necesario que exista una estrecha relación entre las actividades del trabajo científico estudiantil curricular y el extracurricular.
- La labor investigativa de los estudiantes debe ir adquiriendo un carácter científico investigativo en la medida en que vayan incorporando los conocimientos, técnicas y métodos adquiridos con independencia y creatividad.
- Se debe incrementar el nivel de independencia del estudiante desde una actividad dirigida por profesores, pasando por la parcialmente dirigida hasta una actividad totalmente independiente.
- El nivel de asimilación en el que se trabaje la actividad debe ir transitando desde el reproductivo, pasando por el aplicativo hasta llegar al creativo.
- La complejidad de las tareas investigativas debe elevarse gradualmente desde el primero hasta el último año de la carrera.
- Debe tener un enfoque multidisciplinario, con la determinación de asignaturas rectoras en cada año y la precisión de habilidades rectoras que en cada curso deberá lograr el estudiante de acuerdo a los criterios del colectivo de año en la asignación de tareas para la actividad científica.
- Los temas de los trabajos investigativos de los estudiantes para esta actividad deben estar en relación con los contenidos de las asignaturas que reciben en cada año académico o con los planes temáticos de investigación del departamento.
- La vinculación de los estudiantes con una temática debe permanecer por varios cursos.
- Debe lograrse en las investigaciones el vínculo necesario con la comunidad.

Uno de los elementos más importantes en la organización del trabajo científico estudiantil es el logro de un trabajo independiente adecuado por parte de los estudiantes.

Definir el concepto de trabajo independiente es uno de los aspectos más discutidos cuando se aborda este problema en la literatura pedagógica. El problema se resume al hecho incuestionable de que el trabajo independiente se puede caracterizar por un gran número de aspectos tanto internos como externos y que son difíciles de integrar en una sola definición del concepto dado. La mayoría de los pedagogos elevan al rango de rasgo esencial unos u otros aspectos que caracterizan globalmente el trabajo independiente, por lo que adquiere de esta forma dicha definición un carácter unilateral.

Los aspectos más comunes tomados como base son los de actividad, creatividad e independencia. También es frecuente encontrar definido este concepto, a través de sus manifestaciones externas organizativas, como son:

"... el trabajo independiente es el conjunto de actividades que los estudiantes realizan sin la intervención directa del profesor para resolver tareas propuestas por éste en la dirección del proceso docente" [9].

"... el trabajo independiente es toda actividad realizada por el estudiante en forma individual o colectiva, por orientación o iniciativa propia, en la que relaciona correctamente la realización de dicha tarea con los métodos para desarrollarla, y aplica sus conocimientos y capacidades sin que se produzca la intervención directa del docente" [10].

Una de las definiciones donde se orienta en su sentido esencial la importancia del trabajo independiente es la que expresa: "... un medio de inclusión de los alumnos en la actividad cognoscitiva independiente, como un medio de su organización lógica y psicológica" [11].

La esencia del trabajo independiente radica en el análisis de los nexos que unen a los componentes de la actividad independiente, es decir, el alumno actuando en calidad de sujeto de la actividad. El nexo entre los elementos antes señalados se puede establecer solamente en la interacción de ambos, tomando como punto de partida para ello la existencia de un problema mental o problema cognoscitivo.

Consideramos que el trabajo independiente en la enseñanza no puede realizarse sin la ayuda y dirección adecuada del profesor desde el punto de vista pedagógico aunque no debe obviarse la actividad cognoscitiva del estudiante y esto ha sido un elemento esencial en la implementación de nuestra propuesta.

Otro de los elementos importantes tenidos en cuenta para el diseño y organización del trabajo científico-estudiantil en nuestra propuesta es el análisis de las tendencias actuales de la enseñanza de la ingeniería en Cuba que se pueden caracterizar a través de los siguientes rasgos: [12, 13, 14]

1. Lograr una formación más sólida y un conocimiento más profundo de las ciencias básicas y los fundamentos de las ciencias de ingeniería.
  - Base para la comprensión de los cambios tecnológicos que depara la vida profesional
  - Capacidad de autoorientación
  - Gestión tecnológica
2. Formar un profesional más integral, versátil y flexible cuya virtud fundamental sea su capacidad de autopreparación y adaptación.
  - Desarrollo de la capacidad de comunicación oral y escrita
  - Dominio de lenguas extranjeras
  - Capacidad de manejo y procesamiento de la información científico – técnica.
  - Capacidad de dirección
3. Formar un profesional en estrecha vinculación con la industria, con las habilidades profesionales básicas.

- Aprendizaje activo e independiente
  - Pensamiento divergente
  - Pensamiento lógico bien estructurado
  - Capacidad creativa
  - Vínculo con la industria
  - Interacción con la comunidad
4. Fortalecer la formación socio humanística de este profesional.
    - Formación especializada
    - Formación de valores
    - Formación ecológica y de preservación del medio ambiente
    - Identidad cultural
  5. Fortalecer la formación económica y la capacidad para desarrollar una gestión empresarial efectiva y eficiente.
  6. Potenciar la preparación del futuro profesional en el campo de la informática y la telemática.

Estos rasgos caracterizan las tendencias en la formación de los profesionales de la ingeniería en la actualidad y la Física, como el resto de las disciplinas que conforman las diversas carreras de Ingeniería, debe jugar el rol que le corresponde en la consecución de los objetivos de la formación de estos futuros profesionales que se derivan de dichas tendencias. Las mismas demandan de manera explícita o implícita la necesidad de producir transformaciones radicales en el proceso de enseñanza-aprendizaje que estimulen el desarrollo del aprendizaje independiente de los estudiantes por encima de la transmisión de conocimientos por parte del docente, del pensamiento lógico y divergente, de la creatividad y en general de los modos de pensar y actuar de este futuro profesional.

En el Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría se han desarrollado recientemente nuevas propuestas didácticas para el diseño y la utilización de modernos medios de enseñanza y sistemas de experimentos en las diferentes formas de enseñanza aprendizaje de la Disciplina Física, como contribución para lograr incrementar la comprensión de las leyes y conceptos estudiados, la motivación y el desarrollo de habilidades prácticas y de observación en la enseñanza aprendizaje de esta disciplina [15, 16, 17].

En el presente trabajo se muestra la implementación de la propuesta didáctica de realización de trabajos científico - estudiantiles como parte del perfeccionamiento del proceso de enseñanza aprendizaje de la disciplina Física en la carrera de Ingeniería Biomédica.

## **II. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA**

El colectivo de año existe como estructura organizativa del proceso de enseñanza-aprendizaje en los diferentes años académicos de las carreras universitarias. Su máximo representante es un profesor que se designa para planificar y controlar la ejecución del proyecto educativo que tiene lugar entre estudiantes y profesores. Esta figura del proceso pedagógico juega un papel fundamental en la coordinación

del trabajo metodológico que se realiza en el año que coordina.

Los colectivos de primer y segundo año de la carrera de Ingeniería Biomédica acordaron, como parte del trabajo metodológico, la estrategia de que las asignaturas de Física desarrollaran trabajos de investigación curriculares en los cuales los estudiantes aplicaran los conocimientos adquiridos en las diferentes asignaturas del año y de esta forma contribuir a su integración.

La disciplina Física comenzó la realización de trabajos de investigación curriculares con los estudiantes de primero y segundo año de la carrera en las asignaturas de Física I, Física II y Física III y los profesores de Física definieron los elementos a tener en cuenta para la realización de los mismos:

- Aplicación de leyes y conceptos de física
- Integración de las diferentes asignaturas del año
- Vinculación con la especialidad
- Utilización de bibliografía actualizada e internet
- Utilización de la computación
- Utilización del idioma inglés
- Vínculo con la comunidad

Las asignaturas seleccionadas para su integración en los trabajos a realizar fueron:

- Circuitos
- Cálculo
- Bioquímica
- Computación
- Problemas Sociales de la Ciencia y la Tecnología
- Inglés

Desde el punto de vista organizativo, se conformaron equipos de 3 estudiantes con el objetivo de garantizar el aporte individual necesario. Cada equipo debía seleccionar de la comunidad donde residen sus integrantes, un centro de salud (Policlínico, Hospital, Centro de fisioterapia, Centro de investigaciones médicas) donde se analizaría según la temática de investigación elegida, las técnicas empleadas, equipamientos utilizados y el impacto en la comunidad.

Los temas propuestos a los estudiantes para la realización de los trabajos en las asignaturas Física I, Física II y Física III fueron los siguientes:

### Física I

#### Mecánica

- Biomecánica del cuerpo humano
- Mecánica de los fluidos en el cuerpo humano. Sistema circulatorio y respiratorio
- Modelos energéticos del cuerpo humano

#### Termodinámica

- El hombre como sistema termodinámico
- Terapias con calor

#### Oscilaciones y Ondas

- Bioelasticidad
- Elementos de acústica física

### Física II

#### Electromagnetismo

- Electroterapia y Electropuntura

- Magnetoterapia
- Influencia de los campos electromagnéticos en la salud humana

### Óptica

- El ojo y los defectos fundamentales de la visión
- El microscopio óptico
- Holografía y el modelo holográfico del cerebro
- Ensayos ópticos no destructivos y sus aplicaciones a la medicina
- Fototerapia

### Física III

#### Física Moderna

- Laserterapia y laserpuntura
- El microscopio electrónico

#### Física Nuclear

- Medicina Nuclear y Gammagrafía

## III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A continuación analizaremos algunos de los principales resultados obtenidos a partir de la implementación práctica de la propuesta presentada.

En la Fig. 1 se muestran los resultados alcanzados en relación con la participación de los estudiantes de segundo año de la carrera Ingeniería Biomédica en la Jornada Científica Estudiantil, a partir de los trabajos preparados en la Disciplina Física.

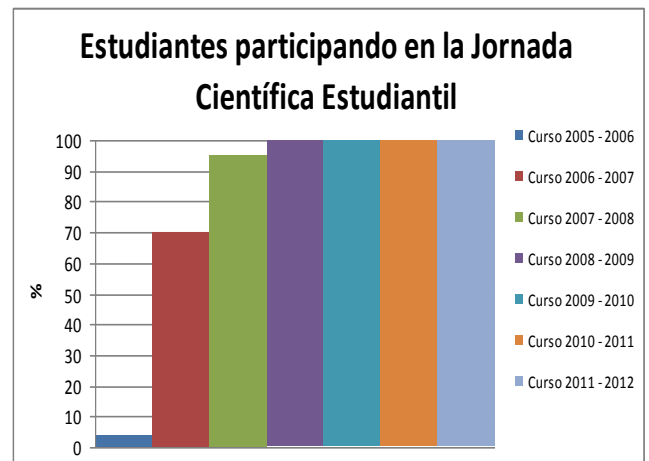


FIGURA 1. Estudiantes participando en la Jornada Científica Estudiantil.

Se aprecia un incremento considerable en el número de estudiantes que han presentado sus trabajos de Física en las Jornadas Científicas Estudiantiles a nivel de Facultad a partir de la implementación de la propuesta en el curso escolar 2006 – 2007. Es de destacar que a partir del curso escolar 2008 – 2009 el 100% de los estudiantes participaron con sus trabajos de investigación en la Jornada Científica Estudiantil.

En relación con la calidad de los trabajos presentados se muestran los resultados de la evaluación en la Fig. 2.



**FIGURA 2.** Evaluación de la calidad de los trabajos realizados. Se observa que el 80% de los trabajos presentados obtienen una evaluación de Excelente o Bien.

Entre las causas fundamentales de las evaluaciones Bien y Regular podemos citar las siguientes:

- Grado de aplicación de conceptos y leyes de la Física estudiados
- Grado de aplicación de contenidos y habilidades de otras disciplinas del año
- Grado de utilización y actualidad de la bibliografía utilizada y de internet
- Trabajo logrado de vínculo con la comunidad
- Presentación del trabajo en idioma inglés
- Calidad de la presentación en la Jornada Científica Estudiantil

Para evaluar el impacto del trabajo realizado se aplicó una encuesta a 86 estudiantes de la carrera Ingeniería Biomédica que se muestra continuación:

### A. Encuesta de opinión

Has concluido el estudio de las asignaturas correspondientes a la Disciplina Física. Nos resulta de gran interés tus opiniones para un trabajo de investigación pedagógica que estamos realizando. Te pedimos que marques con una X en la casilla que le corresponda.

La realización de trabajos investigativos en las asignaturas de Física:

1.- Han permitido aplicar los conocimientos físicos estudiados en la especialidad

---- Mucho ---- Aceptable ---- Poco ---- Nada

2.- Han incrementado la motivación por el estudio de esta disciplina

---- Mucho ---- Aceptable ---- Poco ---- Nada

3.- Han incrementado la motivación por la especialidad

---- Mucho ---- Aceptable ---- Poco ---- Nada

4.- Han contribuido a la integración de las diferentes asignaturas del año

---- Mucho ---- Aceptable ---- Poco ---- Nada

5.- Han permitido el vínculo con la comunidad y el conocimiento de las tecnologías que se aplican en nuestro país.

---- Mucho ---- Aceptable ---- Poco ---- Nada

6.- Nos permitió por primera vez realizar un trabajo de investigación científica

---- Mucho ---- Aceptable ---- Poco ---- Nada

7.- Han contribuido a incrementar el aprendizaje de las leyes y conceptos estudiados

---- Mucho ---- Aceptable ---- Poco ---- Nada

8.- Han contribuido al desarrollo de habilidades para exponer y defender trabajos realizados

---- Mucho ---- Aceptable ---- Poco ---- Nada

9.- Han contribuido a incrementar las habilidades en la búsqueda bibliográfica y en internet

---- Mucho ---- Aceptable ---- Poco ---- Nada

10.- Han contribuido a incrementar los conocimientos sobre el estado del arte de las tecnologías biomédicas en el mundo y en nuestro país

---- Mucho ---- Aceptable ---- Poco ---- Nada

### B. Resultados de la encuesta de opinión

PREGUNTAS	MUCHO	ACEPTABLE	POCO	NADA
1	54	22	8	2
2	66	11	6	3
3	60	16	6	4
4	44	25	11	6
5	51	26	7	2
6	58	21	6	3
7	44	30	7	6
8	43	28	12	3
9	47	22	13	4
10	43	32	9	2

### C. Análisis de los resultados

- Las respuestas de mucho y aceptable en conjunto son siempre superiores al 80 %.
- Las respuestas de mucho son siempre superiores al 50 %.
- Las respuestas de nada son siempre inferiores al 7 %.
- Los resultados arrojaron satisfacción con el proceso de aprendizaje, reflejándose en respuestas positivas superiores al 80%.
- Se pudo lograr una contribución a la integración de habilidades curriculares desde las distintas asignaturas del año, a pesar que por la complejidad y novedad de la tarea no fue de las que obtuvo mejores valoraciones de los estudiantes.
- El desarrollo de habilidades para la exposición y defensa de los trabajos investigativos realizados por los estudiantes es una de las cuestiones menos potenciadas y así lo refieren los estudiantes. Téngase en cuenta que no todos expusieron directamente el trabajo en la Jornada Científica Estudiantil.
- Igualmente era de esperar que la pregunta relacionada con la contribución de los trabajos al incremento de las habilidades en la búsqueda bibliográfica y en Internet sea una de las de menores resultados por las limitaciones existentes en cuanto a las cuotas para el servicio de Internet en la universidad.

### D. Los principales resultados obtenidos a partir de la aplicación de la propuesta fueron:

- Definición de las características generales que deben caracterizar la organización y el desarrollo de la actividad científica estudiantil en la Carrera de Ingeniería Biomédica.
- Análisis de las tendencias actuales de la enseñanza de la ingeniería en Cuba como base de la propuesta.
- Incremento considerable en la cantidad de estudiantes realizando trabajo de investigación y participando en la Jornada Científica Estudiantil.
- Aplicación de conceptos, leyes y métodos de la Física a la especialidad.
- Incremento de la motivación por las asignaturas de la Disciplina Física y por la especialidad.
- Integración de las asignaturas del año en los trabajos realizados.
- Desarrollo de habilidades para el trabajo independiente de investigación y para exponer y defender los trabajos realizados.
- Utilización de bibliografía actualizada y de Internet.
- Vinculación de los estudiantes con la comunidad.
- Conocimiento de las tecnologías biomédicas que se aplican en nuestro país y en el mundo.

- Más del 80% de los estudiantes responden de forma satisfactoria a todas las preguntas de la encuesta lo que demuestra el cumplimiento de todos los objetivos propuestos.
- El 80% de los trabajos presentados obtienen una evaluación de Excelente o Bien a pesar del rigor de los criterios aplicados.

Los logros fundamentales del trabajo realizado estuvieron reflejados en el incremento considerable de la motivación por el estudio de la Física y por su carrera; la adquisición por parte de los estudiantes de hábitos educativos, de disciplina, de organización, de independencia; el desarrollo de la iniciativa, del amor al trabajo, del sentimiento de colectivismo y de la responsabilidad social al visitar los estudiantes centros de salud de la comunidad para la realización de los trabajos de investigación.

### IV. CONCLUSIONES

El trabajo científico estudiantil constituye una de las actividades docentes de mayor importancia en la formación de profesionales de nivel superior y para lograr una preparación adecuada del egresado con el objetivo de que sea capaz de desarrollar una actividad investigativa adecuada acorde a su labor profesional.

Con el desarrollo de esta experiencia pedagógica se logró elevar considerablemente el número de estudiantes participando en la investigación científica, se potenció la actividad de trabajo independiente vinculada a la disciplina Física, se incrementó la motivación por la Física y por su especialidad, la interrelación entre las diferentes asignaturas del año y la utilización de la información científico-técnica por los estudiantes desde los primeros años de la carrera, y se logró el vínculo de los estudiantes con la comunidad como contribución a su formación integral.

### REFERENCIAS

- [1] Pompa, A. y Lam, F., *Informe final del proyecto pedagógico: Sistema de investigación científico estudiantil como componente indispensable en la formación profesional*, Facultad de Medicina Veterinaria, UNAH, (2000).
- [2] Quirós, A. y Morales, J., *Trabajo Científico con estudiantes de Licenciatura en Educación*, Revista Cubana Educación Superior, Vol. 2 y 3, 107-112 (1982).
- [3] Torres, H. y Álvarez, C., *El perfeccionamiento de la Educación Cubana. Sus tendencias actuales*, RECES **13**, 111-121 (1993).
- [4] López, F., Peralta, B. y Konnilovich, S., *Vías para el desarrollo de las capacidades creadoras de los estudiantes*, RECES, Número especial, 29-37 (1998).
- [5] Vidal, C., *Análisis del proceso científico investigativo en un grupo de estudiantes de Medicina*, Educación Médica Superior **2**, 127-134 (1988).

- aprendizaje modular en la Licenciatura de Medicina Veterinaria y Zootecnia, (Taller de Educación Veterinaria, La Habana, 1993).
- [7] González, R., *Algunas características de la Organización del Trabajo Científico en las Universidades Cubanas*, RECES **46**, 11-15 (1996).
- [8] Pompa, A. y Lam, F., Contribución al desarrollo del componente investigativo estudiantil en el 1er año de la carrera de Medicina Veterinaria, Memorias del evento Pedagogía, (2001).
- [9] Álvarez, C., *Epistemología y Ciencia*, (Editorial Educación, Cuba, 1997).
- [10] Bencomo, A. y Luis, J. *El trabajo independiente del estudiante*, Revista Varona, Año IV, No.8, enero/junio, 44-49, (1982).
- [11] Pidkasty, P., *La actividad cognoscitiva independiente en los alumnos en la enseñanza pedagógica*, (Editorial Progreso, Moscú, 1980).
- [12] Castañeda, E., *Caracterización General del problema del Diseño Curricular de Carreras Universitarias a las puertas del tercer Milenio desde una Óptica latinoamericana*, Conferencia Inaugural del Curso de Diseño Curricular de la Universidad de Verano, ISPJAE, Cuba, (2007).
- [13] Castañeda, E., *El modelo del profesional y la enseñanza de la Ingeniería del siglo XXI*, Ponencia al XVIII Congreso Panamericano Educación y Ejercicio Profesional de la Ingeniería, Lima, Perú, (2008).
- [14] Falcón, H., *Una concepción de profesionalización desde la disciplina Física General en Ciencias Técnicas*, Tesis Doctoral, Cuba, (2002).
- [15] Serra, R., *La utilización del holograma como medio de enseñanza y de educación social en Cuba a través del vínculo Investigación – Docencia – Extensión Universitaria*, Tesis Doctoral, Cuba, (2004).
- [16] Serra, R., Vega, G., Ferrat, A., Lunazzi, J., y Magalhães, D., *El holograma y su utilización como un medio de enseñanza de la física en ingeniería*, Revista Brasileira de Ensino de Física **31**, 1401 (2009).
- [17] Serra, R., Moreno, A., Magalhães, D., Muramatsu M., Lemus, J., *Haciendo hologramas en la escuela y en la casa*, Revista Brasileira de Ensino de Física **32**, 3502 (2010).