

Ciencias Básicas

ESTRATEGIAS PARA LA INCORPORACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN EN LOS PROCESOS DE APRENDIZAJE

Estrategias para el desarrollo de un vínculo entre docencia e investigación a nivel de pregrado

Trejos Zelaya, J.¹ (Coord.), Arguedas, J.², Castillo Sánchez, M.³, Chaves Esquivel, E.⁴, Cueva, S.⁵, Gangoso, Z.⁶, Guevara Atencio, R.A.⁷, Quesada Espinoza, F.J.⁸, Regnaut, C.⁹, Torres Díaz, J.C.¹⁰, Tovar, M.¹¹, Villamizar Morales, J.¹², Díaz-Sobac, R.¹³

“La educación del tercer milenio precisa de una enseñanza de calidad, pero no logrará tal objetivo si continúa siendo pasiva y libresca, erudita y poco crítica; si continúa sin motivar a aprender ni a investigar para transformar la realidad.”

A. Latorre (2004)

INTRODUCCIÓN

El presente documento recoge las experiencias didácticas desarrolladas por los integrantes del Grupo de Ciencias Básicas para el desarrollo del vínculo entre la docencia y la investigación a nivel de pregrado, en el marco del Proyecto INNOVA-CESAL. El capítulo contiene estrategias en cuatro ciencias: Biología, Física, Matemática, y Química.

Tradicionalmente, en la enseñanza universitaria se han separado las actividades docentes de las investigativas a nivel de pregrado. No es muy común encontrar en América Latina una institucionalización del desarrollo de competencias para la investigación desde etapas tempranas de la formación universitaria. En efecto, se ha tenido la tendencia a segmentar y compartimentar la formación, haciéndose énfasis en una formación basada en el desarrollo de contenidos en

¹ Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

² Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

³ Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica.

⁴ Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica.

⁵ Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.

⁶ Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

⁷ Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá.

⁸ Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

⁹ Université Paris-Est Créteil, Francia.

¹⁰ Universidad Técnica Particular de Loja, Ecuador.

¹¹ Universidad Nacional de Cuyo, Argentina.

¹² Universidad Industrial de Santander, Colombia.

¹³ Universidad Veracruzana, México.

los primeros años, para empezar a hacer algún tipo de investigación a partir del cuarto o quinto año, cuando se elabora la tesis de licenciatura.

Ahora bien, los profesores participantes del Proyecto tenemos la convicción de que no se debe desvincular la docencia que se imparte en una carrera de la investigación. Hemos constatado a través de las actividades aquí reportadas que, en el área de las Ciencias Básicas, se puede crear un vínculo exitoso entre estas dos actividades fundamentales del quehacer universitario.

En primer término se hace una descripción general de los puntos comunes de las diversas propuestas implementadas en el aula: los marcos de referencia y las estrategias generales. Posteriormente, se encontrarán las descripciones generales de las estrategias y un resumen de las mismas, así como la referencia a la descripción completa de cada trabajo.

MARCOS DE REFERENCIA

El desarrollo de habilidades en investigación es fundamental en las disciplinas de las Ciencias Básicas y la docencia está intrínsecamente relacionada con la investigación en todas ellas.

Por un lado, si el estudiante es un futuro científico, cuyo quehacer será principalmente la investigación fundamental o aplicada, entonces es evidente que la adquisición temprana de estas competencias le daría una ventaja en su preparación, ya que conforme avance en la carrera irá teniendo una visión cada vez más panorámica del quehacer en su disciplina y, en cuanto llegue a dedicarse por completo a la investigación, no tendrá mayores dificultades para desempeñar sus labores.

En segundo lugar, si el futuro laboral del estudiante está en el profesorado o la enseñanza de su disciplina, entonces la adquisición temprana de las competencias de investigación le permitirá comprender el fundamento de la disciplina que enseña, teniendo una visión general y extensa no sólo desde el punto de vista de los conocimientos acabados y con amplia divulgación, sino también desde el punto de vista del que hace y crea ese conocimiento que un día puede llegar a ser un conocimiento acabado.

Finalmente, si el estudiante tiene en perspectiva un desempeño profesional en una empresa o institución, diferente de la academia, entonces la formación en investigación desde el pregrado le ayudará a comprender el origen de los problemas que aborda en el trabajo y a conocer caminos para resolver nuevos problemas que eventualmente se le pueden presentar durante su trabajo.

ESTRATEGIAS GENERALES

Durante la cuarta reunión de trabajo del Proyecto Innova-Cesal, se expusieron los resultados de nueve experiencias en el campo de las Ciencias Básicas, algunas de las cuales más adelante se reseñarán. De estos trabajos, destacan dos estrategias comunes que fueron abordadas por todos los participantes:

- a) Las estrategias utilizadas han involucrado en todos los casos el **trabajo colaborativo** de los estudiantes. Para el desarrollo de los trabajos de vinculación con la investigación, siempre se pidió a los estudiantes que ejecutaran el trabajo en equipos y, eventualmente, con cierta retroalimentación equipo-docente-equipo, para mejorar los resultados hasta alcanzar los objetivos deseados.
- b) Se pidió a los estudiantes **sintetizar y comunicar** (de forma verbal y/o escrita) el trabajo realizado. Para ello se organizaron exposiciones en varios casos, en las que, por ejemplo, los equipos de estudiantes exponían mediante un póster o cartel. También se usó la técnica de seminarios abiertos para la comunidad, es decir, en los que se invitaba a personas externas al grupo para escuchar las exposiciones de los equipos de trabajo. En varios casos se pidió la elaboración de reportes de investigación con un formato dado por el profesor, similar al de un artículo científico.

También se implementaron algunas otras actividades en algunas de las experiencias, como por ejemplo:

- Estudio de un **artículo científico** clave en cierta área disciplinar, que incluía la *contextualización* de la investigación reportada en el artículo; actividad que debieron realizar los estudiantes.
- Tomar **problemas del entorno**, relacionados con la temática desarrollada en el curso y sin la cual el problema no tiene solución.

- **Generación de datos** del entorno inmediato, incluyendo observaciones y mediciones sobre los mismos hechas por los estudiantes para crear bases de datos para ser analizadas dentro del curso usando las herramientas vistas en clase.
- Usar **jurados externos** para la evaluación de las actividades de investigación implementadas por los estudiantes.
- Uso de **foros** de discusión alrededor de un tema propuesto por el profesor, relacionado con el curso.

En el *cuadro 1* se presentan algunos detalles del contexto en que se desarrollaron las experiencias que se trabajaron en cada caso y sus principales características. Se trata del total de las nueve experiencias de vinculación entre docencia e investigación del Grupo de Ciencias Básicas que fueron presentadas. Más adelante se amplían detalles en relación a cuatro de estas estrategias.

Cuadro 1. Experiencias de Vinculación Docencia-Investigación en el Área de Ciencias Básicas

Disciplina	País	Universidad	Responsable	Contexto educativo	Características de la Experiencia
Química	México	Veracruzana	Rafael Díaz	2° año, Licenciatura en Química	<ul style="list-style-type: none"> • “Investigación como eje de integración de conocimientos y desarrollo integral de competencias en la formación del QFB de la Universidad Veracruzana” • Plantear un proyecto con una idea original y basado en conocimientos disciplinares.
Química	Costa Rica	de Costa Rica	Francisco J. Quesada	8° semestre, Lic. en Química, Laboratorio de química industrial	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de casos de la vida real: jabón, detergente, betún, otros. • Proponer mejoras a los productos. • Defensa ante un jurado de 3 personas externas.

Química	Panamá	Nacional de Chiriquí	Roberto Guevara	3er año, Bioquímica	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de un foro virtual guiado • Estudio de una teoría con varias versiones (p.ej, el envejecimiento). • Detectar e identificar signos en su entorno; se invita a especialistas a dar una charla sobre esos temas, quienes evalúan la participación de los alumnos en el foro
Física	Argentina	Nacional de Córdoba	Zulma Gangoso	7°- 8° semestre, "Seminario formador de formadores"	<ul style="list-style-type: none"> • Vínculo docencia-investigación, elemento en la formación de formadores. • Lectura de artículos y lectura de libros completos de autores contemporáneos (cada estudiante escoge uno diferente).
Física	Argentina	Nacional de Cuyo, Mendoza	Manuel Tovar	5° semestre, Curso de "Física moderna" de las Licenciaturas y Profesorados en Física, Biología, Matemática y Química	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio detallado de un <i>paper</i> sobre experimento en Teoría de la Relatividad (1977) • Revisión de la bibliografía citada, traducción, examen del experimento reportado.
Matemática	Ecuador	Técnica Particular de Loja	Juan C. Torres y Samanta Cueva	4° semestre, Curso de "Estadística General" para Ingeniería en sistemas	<ul style="list-style-type: none"> • Grupo experimental y grupo de control. • Implementación de un microblog supervisado por el profesor.

					<ul style="list-style-type: none"> • Mejores resultados cuando se usa una estrategia colaborativa.
Matemática	Colombia	Industrial de Santander	Jorge Villamizar	2° semestre. Programas de Ingeniería, Física, Matemáticas y Licenciatura en Matemáticas .	<ul style="list-style-type: none"> • Proyecto de aula: desarrollo del modelo cinemático de un robot a partir del álgebra lineal empleando Matlab (2° curso de álgebra lineal) • Aprendizaje Basado en problemas (ABP) • Evaluación del proyecto ante un jurado calificador. • Lectura de material bibliográfico en diversos idiomas. • Elaboración y sustentación de un póster.
Matemática	Costa Rica	Nacional	Edwin Chaves y Mario Castillo	2° año de Informática, Curso de "Estadística descriptiva"	<ul style="list-style-type: none"> • Creación de una base de datos con medidas y observaciones del grupo. • Manejo de conceptos a través de BD; uso de Excel y SPSS. • Comparación con un grupo de control.
Matemática	Costa Rica	de Costa Rica	Javier Trejos	8° semestre, Curso "Estadística Actuarial 2", Bach. Actuariado	<ul style="list-style-type: none"> • Lectura de artículos y libros (en diversos idiomas); elaboración de un reporte sintético (Latex) y exposición; uso de software (R, Excel, FirstBayes) • Experimentación (bolas de lotería), redacción de un <i>paper</i> con el reporte.

Estrategia 1: Desarrollo de competencias por medio de la introducción a elementos de investigación en Química industrial.

La estrategia planteada tiene como finalidad desarrollar en el estudiante la siguiente competencia: “El estudiante investiga y diseña experiencias de laboratorio para extraer información, comunicar conclusiones y facilitar la toma de decisiones en función de las necesidades de la industria costarricense”. Se busca generar en el estudiante la habilidad para investigar y diseñar experiencias de laboratorio con fines industriales, lo que es muy recomendable para una disciplina como la Química que fundamenta muchos de sus conocimientos en la experimentación. Además procura promover en el estudiante la capacidad de extraer información del trabajo de laboratorio realizado y aplicarla a situaciones propias de la industria química y conexas. La propuesta de intervención intenta que el estudiante mejore e innove un producto o proceso ya existente, para que comprenda la aplicación de los conocimientos a las situaciones reales.

La familiaridad con el laboratorio presenta muchas bondades y facilidades para el desarrollo de la intervención y la adquisición de conocimiento, sin embargo, también dificulta su ejecución si no se cuenta con la infraestructura, equipos y materiales idóneos. La coordinación por parte del docente es relevante ya que debe procurar que el estudiante no tenga que resolver problemas administrativos y dedique el tiempo a su proyecto.

■ **Práctica especial en Laboratorio de Procesos Industriales II**

Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

Francisco Javier Quesada

Área Disciplinar: Ciencias Básicas – Química

Resumen

Se presenta la propuesta de intervención en el aula donde se trabajó con la implementación de un proyecto propuesto por los estudiantes que involucraba el trabajo de laboratorio, investigación y presentación de resultados mediante una sesión de “póster”. La percepción y resultados son muy positivos y abre la oportunidad de repetir la experiencia y exportarla a otros cursos similares.

Reporte: http://www.innovacesal.org/innova_public/archivos/publica/area02_tema02/121/archivos/DOI_CB_01_2011.pdf

Estrategia 2: La dilatación relativista del tiempo. Una mirada desde el aula.

Un curso de Física Moderna en carreras de Ciencias Exactas y Naturales tiene por objetivo familiarizar al alumno no solamente con los “avances” científicos recientes, sino confrontarlos con las fuentes del conocimiento, con la “puesta a prueba” de las teorías y modelos propuestos como “leyes físicas” con los resultados de la experiencia. Los contenidos de este tipo de curso se enmarcan entre los necesarios para un adecuado desarrollo del pensamiento científico y la intervención realizada con este fin en el curso tuvo diferentes componentes asociados con: i) el desarrollo de competencias para el aprendizaje autónomo y crítico, ii) la vinculación de la investigación científica con los contenidos del curso y iii) la evaluación del aprendizaje de los alumnos. Para ello se realizó un estudio detallado de un paper sobre un experimento en Teoría de la Relatividad, la revisión de la bibliografía citada, su traducción y el examen del experimento reportado.

■ La dilatación relativista del tiempo. Una mirada desde el aula

Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.

Manuel Tovar y Rubén Santos

Área Disciplinar: Ciencias Básicas – Física

Resumen

El informe presentado está referido a la meta de vincular la investigación científica con los contenidos del curso de Física Moderna, ya que la intervención específica realizada tuvo por objetivo incorporar el análisis de experimentos posteriores a la formulación de las teorías surgidas a principios del Siglo XX, mostrando que la ciencia no es nunca un producto acabado. El interés de los alumnos en la lectura de trabajos científicos originales, su participación y la riqueza de sus diversas miradas muestran la conveniencia de continuar el tipo de actividad planeada.

Palabras clave: teoría de la relatividad; dilatación del tiempo.

Reporte: http://www.innovacesal.org/innova_public/archivos/publica/area02_tema02/122/archivos/DOI_CB_02_2011.pdf

Estrategia 3: Experiencia de investigación en estadística actuarial

La principal competencia profesional es que, al finalizar el curso, el estudiante analiza y modela fenómenos aleatorios en los que se involucre el riesgo para describir, predecir y facilitar la toma de decisiones de acuerdo con las características y naturaleza de los fenómenos actuariales. Además, hay una serie de competencias generales y específicas que pretenden desarrollar habilidades en investigación. Las principales actividades para esto giraron en torno a la revisión bibliográfica en revistas científicas de actualidad, y en el trabajo de modelación matemática sobre un problema real. Los resultados obtenidos fueron muy alentadores.

■ Introducción de elementos de investigación en un curso de estadística actuarial

Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

Javier Trejos

Área Disciplinar: Ciencias Básicas – Matemática

Resumen

Se presentan los elementos de investigación introducidos en una intervención en el aula donde se ha trabajado en el modelamiento de situaciones actuariales. Se describen las principales actividades desarrolladas y se comentan las ventajas y desventajas de cada una de ellas, así como sus alcances y limitaciones. La actividad más importante fue el abordaje de un problema de la sociedad: determinar si los pesos de las bolas usadas en los sorteos de lotería son razonablemente similares.

Palabras clave: Estadística actuarial; uso de TIC; pruebas de hipótesis; revisión bibliográfica.

Reporte: http://www.innovacesal.org/innova_public/archivos/publica/area02_tema02/123/archivos/DOI_CB_03_2011.pdf

Estrategia 4: Experiencia pedagógica en álgebra lineal mediante modelación de un robot.

En este trabajo por proyectos o aprendizaje por proyectos en el aula, se aplican estrategias pedagógicas que buscan optimizar el aprendizaje del álgebra lineal con el fin de mejorar el desempeño de los estudiantes en proceso de formación profesional. La propuesta está orientada al desarrollo del modelo cinemático de un robot a partir del álgebra lineal. Esta experiencia se enmarca en la estrategia del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).

■ Proyecto de innovación pedagógica en el aula para orientar el aprendizaje de las transformaciones lineales en un curso de álgebra lineal a través del desarrollo del modelo cinemático directo para el robot KR1202P®

Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

Jorge Villamizar

Área Disciplinar: Ciencias Básicas – Matemática

Resumen

En este trabajo se desarrolla un modelo cinemático directo del robot KUKA KR120-2P® partiendo de la geometría de las transformaciones lineales y usando las matrices homogéneas como representaciones de transformaciones lineales en un ambiente MatLab 7.0 ®. Este ejercicio permite a los estudiantes encontrar la relación directa entre las matemáticas y la robótica, entre los conceptos y la realidad en que ellos son empleados, además de utilizar integradamente los conocimientos previos.

Palabras clave: Transformaciones lineales, robótica, cinemática directa y aprendizaje basado en problemas (ABP).

Reporte: http://www.innovacesal.org/innova_public/archivos/publica/area02_tema02/124/archivos/DOI_CB_04_2011.pdf

CASOS DESARROLLADOS EN EL MARCO DEL PROYECTO INNOVA CESAL

Quesada, J. (2011). *Desarrollo de competencias por medio de elementos de investigación: Experiencia en un laboratorio de Química Industrial*. Universidad de Costa Rica, Costa Rica. Innova Cesal. Estrategias para la incorporación de la investigación en los procesos de aprendizaje. Recuperado de http://www.innovacesal.org/innova_public/archivos/publica/area02_tema02/121/archivos/DOI_CB_01_2011.pdf

Tovar, M., y Santos, R. (2011). *La dilatación relativista del tiempo: Una mirada desde el aula*. Universidad Nacional de Cuyo, Argentina. Innova Cesal. Estrategias para la incorporación de la investigación en los procesos de aprendizaje. Recuperado de http://www.innovacesal.org/innova_public/archivos/publica/area02_tema02/122/archivos/DOI_CB_02_2011.pdf

Trejos Zelaya, J. (2011). *Introducción de elementos de investigación en un curso de estadística actuarial*. Universidad de Costa Rica, Costa Rica. Innova Cesal. Estrategias para la incorporación de la investigación en los procesos de aprendizaje. Recuperado de http://www.innovacesal.org/innova_public/archivos/publica/area02_tema02/123/archivos/DOI_CB_03_2011.pdf

Villamizar Morales, J. (2011). *Proyecto de innovación pedagógica en el aula para orientar el aprendizaje de las transformaciones lineales en un curso de álgebra lineal a través del desarrollo del modelo cinemático directo para el robot KR120-2P®*. Universidad Industrial de Santander, Colombia. Innova Cesal. Estrategias para la incorporación de la investigación en los procesos de aprendizaje. Recuperado de http://www.innovacesal.org/innova_public/archivos/publica/area02_tema02/124/archivos/DOI_CB_04_2011.pdf

ESTRATEGIAS PARA LA INCORPORACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN EN LOS PROCESOS DE APRENDIZAJE