

## **Descripción y análisis del proceso de validación para el instrumento de medición del aprovechamiento académico, grado de interés y satisfacción de estudiantes subgraduados “non-STEM” en un curso innovador de Ciencias Biológicas del componente de Educación General**

**Description an analysis of the validation process of the instrument for measuring academic achievement, degree of interest and satisfaction of non-STEM undergraduate students in a Biological Sciences innovative course of the General Education component**

Roberto Trinidad Pizarro  
Universidad de Puerto Rico  
[roberto.trinidad1@upr.edu](mailto:roberto.trinidad1@upr.edu)

Carlos J. Ayarza Real  
Universidad de Puerto Rico  
[carlos.ayarza@upr.edu](mailto:carlos.ayarza@upr.edu)

Ariana Gómez Ortega  
Universidad de Puerto Rico  
[ariana.gomez1@upr.edu](mailto:ariana.gomez1@upr.edu)

Gerardo Arroyo Cruzado  
Universidad de Puerto Rico  
[gerardo.arroyo1@upr.edu](mailto:gerardo.arroyo1@upr.edu)

**Resumen:** El avalúo o “assessment” institucional evalúa, entre otros criterios, las competencias de investigación y creación que adquiere el estudiante subgraduado en su paso por la universidad. El proyecto de investigación en docencia de los autores por otro lado requería diseñar y validar un instrumento de evaluación capaz de medir el incremento en conocimiento y comprensión de los tópicos medulares que se ofrecen en el curso introductorio *Ciencia, Biotecnología y Sociedad*, CiBi 3028. Debía incluir además, el medir la transición en el interés y la satisfacción de los estudiantes “non STEM” participantes en aspectos tales como: continuar

estudios graduados, investigar en su campo de especialización o tomar otros cursos en el área de las Ciencias Biológicas. Este curso es una innovación curricular debido a que la biotecnología como tópico entrelaza todos los demás tópicos a ser discutidos. Las experiencias de laboratorio están relacionadas en su totalidad a este tema central. El instrumento de medición diseñado consiste en tres (3) partes. La primera parte lo compone un cuestionario sobre variables sociodemográficas de los participantes. La segunda parte permite evaluar los niveles de interés y satisfacción de los estudiantes que toman el curso de CiBi 3028. Mientras, la tercera parte comprende una prueba diagnóstica para evaluar el aprovechamiento de los alumnos sobre conceptos medulares y procedimientos de laboratorio que se discuten y practican en el curso de CiBi 3028.

El instrumento de medición fue evaluado por un panel de tres profesores. Luego de esta evaluación por pares, se administró una prueba piloto del instrumento a un grupo de 27 estudiantes de CiBi 3028. Los datos obtenidos de esta prueba piloto se describen en este trabajo. Los resultados del análisis factorial que se llevó a cabo para la validación del instrumento muestran correlaciones en el factor mayores a 0.40, lo que permite retener todos los reactivos del instrumento de medición sin modificaciones. Para la confiabilidad del instrumento, se utilizó la Prueba *Alfa* de Cronbach, en la que se obtiene un valor de 0.77 para dicho instrumento. El resultado permite certificarlo como validado y adecuado para su utilización en el proyecto de investigación en docencia que llevan a cabo los autores. El formato del instrumento de medición y el protocolo descrito para su validación podría ser adaptado para la evaluación de los diversos cursos e innovaciones curriculares en las diferentes disciplinas que componen a la Educación General.

**Palabras claves:** validación de instrumento de evaluación, estudiante “non-STEM”, Ciencias Biológicas, educación general

**Abstract:** The assessment evaluates, among other criteria, the competences on research and creation that the undergraduate student acquires in his path through university, On the other hand, the authors' discipline-based education research required the designing and validation of an evaluation instrument capable of measuring the student improvement in knowledge and comprehension of the medullar topics that are offered in the course *Ciencia, Biotecnología y Sociedad*. Additionally, it measured the “non-STEM” participant transition in interest and satisfaction toward aspects such as: continuing graduate studies, investigating in their field of expertise, or taking other courses in the Biological Sciences field. The CiBi 3028 course is a curricular innovation in which Biotechnology is the topic that interlace the rest of the topics to be discussed. The laboratory experiences are totally related to the main topic. The designed measuring tool consists of three (3) parts. The first one consists in a survey about sociodemographic variables of the participants. The second part is a questionnaire that permits to evaluate the levels of interest and satisfaction of the students taking CiBi 3028. Meanwhile, the third part consists of a diagnostic test to evaluate the progress of the alumni on the medullar concepts and the laboratory procedures that are discussed and practiced in the course.

The measuring tool was evaluated by a panel of three professors. After this peer evaluation, a pilot test of the instrument was administrated to a 27 students' group of CiBi 3028. The data collected from this pilot test are described in this paper. The results of the factorial analysis that was carried out for the evaluation of the instrument show correlations in a factor greater than 0.40, which lets retain all the instrument items without modifications. For the instrument's reliability, the Cronbach's *Alpha* test was used, in which is obtained a value of 0.77. The result allows to certify it as valid and adequate for its utilization in the education research project carried out by the authors. The instrument format and the described validation protocol could be adapted for the

evaluation of diverse courses and curricular innovations for the different disciplines that comprise the General Education.

**Keywords:** validation of an evaluation instrument, non-STEM student, Biological Sciences, general education.

## Introducción

Las innovaciones curriculares en los cursos universitarios deben converger con el proceso de evaluación de los diversos componentes que las conforman. Es de esta manera que se puede medir la efectividad de tales innovaciones (Handelsman, et al. 2007) lo que a su vez permite justificar los recursos académicos que se invierten en ellas. Dentro de la filosofía del “scientific teaching” se diseñó y validó un instrumento para medir el aprovechamiento de los estudiantes en conocimiento y comprensión de los conceptos medulares del curso *Ciencia, Biotecnología y Sociedad* (CiBi 3028). Según la taxonomía de Bloom la cognición se compone de seis niveles de los cuales el conocimiento y la comprensión son la base y soporte de los siguientes cuatro niveles, aplicación, análisis, síntesis, y evaluación (Bloom and Krathwohl, 1953). Estos cuatro niveles superiores se consideran competencias de pensamiento crítico (Elder, 2005).

*Ciencia, Biotecnología y Sociedad* (CiBi 3028) es una de las alternativas del componente de Ciencias Naturales en la educación general para los estudiantes subgraduados que no se especializarán en disciplinas concernientes a “STEM” (STEM por su acrónimo en inglés corresponde a *science, technology, engineering and math*). En la literatura sobre educación en Ciencias Naturales a estos estudiantes se les describe como “non-STEM” (Caruso et al., 2009; Jin y Bierna, 2013; Gardner et al., 2016). El curso se considera una innovación ya que el tópico de la biotecnología no se había incorporado como tema central en ninguno de los cursos de Ciencias Biológicas en la Facultad de Estudios Generales. La Biotecnología se reconoce como una disciplina compleja por la integración de procedimientos de diversas áreas del conocimiento tales como bioquímica, biofísica, biología molecular, genética e inmunología entre otros (Arroyo, 2011). Más allá de esa percepción de complejidad de la disciplina, a la Biotecnología le acompañan temas multidisciplinarios como son la bioética, aspectos socioeconómicos, ambientales y jurídicos por mencionar algunos de los más relevantes (Evans y Relling, 1999; Brown,

2001; Gayá, 2002; Pallarito, 2004 y Zamudio, 2010, Arroyo, 2011, Ayarza y Arroyo, 2017). Estas son justificaciones de peso que establecen cuanto prima la evaluación sobre el aprovechamiento en términos del conocimiento y comprensión del estudiante que toma *Ciencia Biotecnología y Sociedad*.

Otra razón por la que se considera innovador el mencionado curso es la secuencia de experiencias de laboratorio que han sido diseñadas para la práctica de los estudiantes que lo toman. Las experiencias tienen como objetivo que los estudiantes lleven a cabo actividades simuladas de investigación relacionadas a tópicos y procesos propios de la Biotecnología (Arroyo, 2011, Ayarza y Arroyo, 2017, Ayarza-Real *et al.*, 2019) Se pretende además que el estudiante “non-STEM” se inserte en un ambiente y en una dinámica similares a las que enfrenta un científico, de manera que integre la experiencia de cómo se hace ciencia. Lo anterior tiene como objetivo que el estudiante maximice el desarrollo de las competencias de investigación que todo egresado de educación superior debe dominar.

El proceso enseñanza-aprendizaje se lleva a cabo mediante el modelo instructivo cíclico 7E: según modificado por Eisenkraft (2003). Las **E** corresponden a los procesos (en inglés) “*Elicit, Engage, Explore, Explain, Elaborate, Evaluate, Extend*”. Los/las estudiantes que participan en una dinámica de aprendizaje activo alcanzan no solo un mejoramiento notable en conocimiento y comprensión (Handleman *et al.*, 2004; DeHaan, 2005) sino también en las destrezas de investigación tales como: planteamiento de problemas e hipótesis, diseño experimental y recopilación, organización y análisis de datos (Harrison *et al.*, 2011). Además, los/las estudiantes demuestran tener una mejoría marcada en sus capacidades de comunicación tanto oral como escrita, así como en la preparación de presentaciones en formato de afiche o multimedia y en sus destrezas en el área de la informática (Harrison *et al.* 2011).

Los objetivos establecidos previamente y las estrategias para el proceso de enseñanza aprendizaje presentes en el curso CiBi 3028 son cónsonos con la Declaración de la Organización para la Educación, la Ciencia y la Cultura de las Naciones Unidas

(UNESCO, 2009) sobre la aportación de la Educación Superior manifestado por Vera y colaboradores (2013) en donde se señala la necesidad de:

1. Reforzar, fomentar y preservar la formación y el aprendizaje para toda la vida, creando así recursos humanos altamente calificados para contribuir al desarrollo sostenible y al mejoramiento de la sociedad.
2. Proveer a los estudiantes de toda adquisición de saberes y conocimientos prácticos para brindar las bases y la formación rigurosa necesaria, desde el punto de vista de la educación a lo largo de toda la vida.
3. Originar, promover y encaminar la calidad de la educación a través de un nuevo modelo de educación que supongan diferentes materiales didácticos, basado en el educando y para ello es necesario la reformulación de los planes de estudio.

Otro aspecto de importancia sobre los y las estudiantes que se debe tomar en consideración al diseñar el instrumento de evaluación es la diversidad. Cada grupo de estudiantes que toma el curso se compone de 25 a 30 individuos que provienen de diversas Facultades y concentraciones. Entre los estudiantes que toman Ciencias Biológicas, hay perfiles con una variedad de experiencias, habilidades y características (Handelsman et al. 2007). Esta diversidad se ha demostrado que impacta como el estudiante de forma consciente o inconsciente se comporta, se afecta su motivación, y tiene efecto en lo que aprende y cuan bien lo aprende. Diversos trabajos de investigación en docencia proveen evidencia sobre como las diferencias entre los estudiantes en aspectos de educación, trasfondo cultural, fisiología y características innatas influyen en gran medida la experiencia que cada estudiante obtiene en el salón de clases (Turner, 2000; Millem, 2001). Es claro que la diversidad de estos estudiantes tiene un efecto directo en los niveles que expresarán de sus características afectivas hacia la Biotecnología en particular y las Ciencias Biológicas en general. Las características afectivas concernientes al proceso enseñanza-aprendizaje son tres: 1. El interés de los participantes hacia la materia de estudio. 2. Las actitudes de estos hacia esa materia. 3. Los valores que expresan hacia la disciplina concerniente, y los conceptos y procedimientos que la conforman (Slater et al., 2010).

La prueba diagnóstica diseñada (instrumento de evaluación) contiene una sección en forma de cuestionario, con el fin de medir las transiciones en el nivel de interés del alumno sobre diversos aspectos de su futuro académico y profesional. Se incluyen además preguntas dirigidas a medir el interés del participante hacia las Ciencias Biológicas y sobre continuar ampliando su literacia en este campo del conocimiento. Contiene también preguntas para medir los niveles de satisfacción del estudiante hacia el curso y el componente de laboratorio. Además, el instrumento contiene una sección en la que se recopila información demográfica del alumno participante que nos permite un análisis más descriptivo sobre la diversidad de cada grupo evaluado.

Luego de finalizar la fase del diseño del instrumento de medición, se pasó a la fase de validación. Para esto se formó un panel de tres profesores de Ciencias Biológicas, uno de ellos con experiencia en diseño curricular, para que evaluaran el documento y ofrecieran sus opiniones para cada sección de la prueba (Prueba Delfos). Después de trabajarse las correcciones y modificaciones que los miembros del panel de profesores recomiendan, se escogió un grupo de estudiantes de CIBI 3028 para que tomaran la prueba diagnóstica como una experiencia piloto. Estos estudiantes se expresaron por escrito sobre su percepción hacia la dificultad que encontraban para cada pregunta. La prueba se llevó a cabo a la mitad del primer semestre del año académico 2016-2017.

Es importante considerar la diversidad de elementos, previamente acordados con los estudiantes, para tomar decisiones en la evaluación de los aprendizajes, por lo que se requiere entonces de un conjunto de componentes, entre los cuales se cuentan: lo que se evalúa, el propósito o para que se evalúa, el patrón o referente para juzgar si lo evaluado reúne las condiciones esperadas y los procedimientos e instrumentos para recabar la evidencia, a fin de tomar las decisiones (Trinidad, 2000).

El mérito intelectual del proyecto de investigación en docencia que estamos llevando a cabo utilizando el instrumento de medición diseñado y validado consiste en evaluar la efectividad en la inserción de estudiantes “non-STEM” en un ambiente de aprendizaje activo y en una dinámica propia de la investigación “STEM” a través del componente de laboratorio del curso CiBi 3028. Los procesos y datos recopilados durante el proceso de

validación del instrumento se describen en **Procedimientos** y en **Resultados** respectivamente.

## **Procedimiento**

### **Descripción del curso de CiBi 3028:**

El curso de CiBi 3028: Ciencia, Ambiente y Sociedad consta de tres (3) horas de discusión a la semana y de dos (2) horas de laboratorio dividido en dos secciones de no más de 15 estudiantes por sección. Las secciones de laboratorio se reúnen una vez por semana. Los temas medulares que cubre el curso de CiBi 3028 son: Naturaleza de la Ciencia, Química de los organismos vivos, la Biología Molecular y Biotecnología que es el tópico integrador a través de todo el semestre (Arroyo, 2011). Las experiencias de laboratorio han sido previamente descritas (Arroyo, 2011; Ayarza y Arroyo, 2017). Dichas experiencias están diseñadas para que los estudiantes trabajen en grupos de aprendizaje cooperativo que permita a los estudiantes subgraduados “*non-STEM*” familiarizarse con el método científico a la vez que desarrollan las destrezas de investigación.

### **Diseño de la investigación descripción del instrumento de medición:**

El diseño de la investigación es descriptivo debido a que utiliza las medidas estadísticas descriptivas de tendencia central y de dispersión. Según Hernández (2004), la investigación de tipo descriptivo busca especificar características de las variables estudiadas, ya que en este tipo de investigación se recolectan, miden o evalúan diferentes aspectos de éstas. Para Ary (1989) en la investigación descriptiva se definen claramente los términos que se desean describir y cómo se van a realizar las observaciones, como los sujetos van a ser seleccionados de modo que sean una muestra adecuada de la población y qué técnicas para observación van a ser utilizadas.

El instrumento para recopilar los datos de la evaluación fue diseñado por los investigadores. El instrumento consiste de un cuestionario que contiene 42 premisas “ítems” distribuidas en tres secciones o partes. La primera parte del cuestionario recoge la información sociodemográfica de los participantes. Esta sección consta de siete (7) “ítems”. De esta sección se preparó un perfil de los estudiantes participantes. La segunda parte del cuestionario recoge información sobre los niveles de interés y satisfacción. La



misma consta de diez (10) “ítems”. Los “ítems” formulados en la parte II del cuestionario utilizan una escala *Likert*. Este tipo de medición tiene la intención de responder a una premisa o “ítem” de un cuestionario. En el mismo se especifica el nivel de interés y satisfacción con una escala con valores numéricos. La tercera parte del cuestionario recoge información sobre los cinco tópicos relacionados con el curso de CiBi 3028 (Ayarza y Arroyo, 2017). Los tópicos corresponden a: 1. Naturaleza y metodología de las ciencias, 2. Estructura del ADN y sus procesos, 3. ADN recombinante y organismos transgénicos, 4. Células madre y clonación, 5. Fundamentos en tecnología de ADN. Esta parte consta de 25 “ítems” de selección múltiple. Los cuestionarios fueron administrados por los investigadores.

### **Validez y Confiabilidad del Instrumento:**

La validación de la prueba diagnóstica que se ofrece en el curso CiBi 3028: *Ciencia, Biotecnología y Sociedad* constó de dos partes: la primera consistió de una Prueba de Expertos o Prueba Delfos en donde profesores con el grado de doctorado en biología adscritos al Departamento de Ciencias Biológicas de la Facultad de Estudios Generales evaluaron la confección y el contenido de las preguntas formuladas en la prueba diagnóstica que se ofrece a los estudiantes matriculados en dicho curso. Mientras la segunda parte, consistió en una Prueba Piloto, la cual se les administró a los estudiantes que tomaron dicho curso en el Primer Semestre del Año Académico 2016-2017. Estos estudiantes, al igual que los expertos en biología, evaluaron las tres (3) partes en que consiste la prueba diagnóstica.

La Prueba de Expertos o Prueba Delfos consiste en un instrumento en donde se les pregunta a los profesores evaluadores si la pregunta está bien formulada o si contiene errores conceptuales. Sí la pregunta está bien formulada y no tiene errores conceptuales permanece como está escrita, de lo contrario, los expertos podrían recomendar eliminar la misma o modificar la pregunta. En caso de que la recomendación fuese modificar la pregunta, los expertos tienen que señalar en qué consiste la modificación y el por qué de dicha modificación. El instrumento, utilizado para ello fue diseñado por Trinidad (2000).

La Prueba Piloto trabajada por estudiantes a su vez constó de tres (3) partes: En la primera parte, las preguntas estaban dirigidas a conocer las variables sociodemográficas de los estudiantes participantes (n=27). En a la segunda parte se evalúan los niveles de interés y satisfacción de los estudiantes que toman el curso de CiBi 3028. Mientras, la tercera parte consistió en evaluar la Prueba Diagnóstica.

En cada una de las partes de la Prueba Piloto se le preguntó a los estudiantes participantes lo siguiente: si se sintieron o no incómodos con las preguntas formuladas, cuánto tiempo que le tomó contestar cada una de las partes de la prueba, si encontró o no dificultad en algunas de las preguntas, y si eliminaría o no alguna pregunta, o por el contrario, si añadiría otra pregunta y la justificación.

La parte III de la Prueba Piloto corresponde a la evaluación de la Prueba Diagnóstica como tal por parte de los estudiantes. En esta parte se le preguntó a los estudiantes participantes: en cuál pregunta encontró dificultad, qué preguntas encontró repetitiva, qué otra pregunta debió de ser incluida, y cómo describe el grado de dificultad de la Prueba Diagnóstica: muy difícil, difícil, moderada, fácil y/o muy fácil. Además, se les preguntó: ¿qué propones para mejorar la Prueba Diagnóstica?

Luego de administrarse el Instrumento de Medición Pre-Post Prueba CIBI 3028 a los 27 estudiantes participantes, se recopilaron los datos y fueron ordenados para ser procesados a través del Programado SPSS versión 23. El Instrumento de Medición CiBi 3028, fue sometido a un análisis de consistencia interna.

Para la validez del instrumento se utilizó el Análisis Factorial Exploratorio, con el propósito de determinar la validación de cada reactivo y los factores contenidos en la prueba. Este análisis se aplica con el objetivo de comprobar hasta qué punto el instrumento o los reactivos que lo conforman representan adecuadamente los constructos latentes de interés o si existen diferentes dimensiones del mismo constructo.

Se utilizó la Prueba de fiabilidad Alpha de Cronbach para determinar la confiabilidad del Instrumento. El método de consistencia interna basado en el Alfa de Cronbach permite estimar la confiabilidad de un instrumento de medición a través de un conjunto de

reactivos que se espera que midan el mismo constructo o dimensión teórica (Trinidad, 2000; Ledesma, et al., 2002).

## Resultados

**Datos socio-demográficos:** Los datos de la muestra participante para el género, la frecuencia y el por ciento se presentan en la Tabla 1.

Características socio demográficas	Frecuencia (f)	Por ciento (%)	Por ciento acumulado (%)
<b>1.Género</b>			
Masculino	8	29.6	29.6
Femenino	19	70.4	100
<b>2.Año Académico que se encuentra estudiando</b>			
Primero	27	100	100
<b>3.Facultad y Concentración</b>			
Ciencias Sociales	5	18.5	18.5
Educación	21	77.8	96.3
Humanidades	1	3.7	100
<b>4.Escuela de procedencia</b>			
Pública	7	25.9	25.9
Privada	20	74.1	100
<b>5. Zona de Procedencia</b>			
Área Metropolitana	18	66.7	66.7
Fuera del área metropolitana	9	33.3	100
<b>6.Con quien vives mientras estudias</b>			
Padres	19	70.4	70.4
Otros familiares	4	14.8	85.2
Amistades	1	3.7	88.9
Hospedaje	3	11.1	100
<b>7. Trabajas mientras estudias</b>			
Si	6	22.2	22.2
No	21	77.8	100

N=27

**Tabla I:** Características socio demográficas de la población estudiantil participante.

De la Tabla I se desprende que la muestra participante fue de 27 estudiantes (n=27), donde el 70.4% (n=19) son femeninas, mientras el 29.6% (n=8) restante pertenece al género masculino. El 100% de los estudiantes estaban cursando su primer año universitario. El 77.8% de los encuestados (n=21) están adscritos la Facultad de Educación, mientras el 18.5% (n=5) estudian en la Facultad de Ciencias Sociales y el 3.7% restante (n=1) estudia en la Facultad de Humanidades. Es interesante destacar que en este grupo de estudiantes sólo hay representación de tres Facultades de la Institución.

Debido al alto número de estudiantes que en Puerto Rico asisten a escuelas privadas nos parecía de utilidad conocer la distribución de estudiantes con relación a este aspecto de su desarrollo escolar. El resultado obtenido fue 74.1% de los estudiantes participantes en el estudio (n=20) provienen de escuela privada, mientras el 25.9% restante (n=7) provienen de escuela pública.

Otro dato demográfico de gran valor para analizar la **diversidad** en el grupo de estudiantes es la distribución de la muestra respecto a con quién vive el estudiante participante. El 66.7% de los estudiantes participantes (n=18) viven en el área metropolitana, mientras el 33.3% restante (n=9) vive fuera del área metropolitana. De estos el 70.4% vivían con sus padres (n=19), mientras los estudiantes restantes vivían con otros familiares (14.8%, n=4), en hospedajes (11.1%, n=3) o con amistades (3.7%, n=1).

Uno de los autores (Trinidad) ha llevado a cabo estudios preliminares en los que evalúa la correlación entre el estudiante que trabaja, el tiempo que dedica a las diversas materias y su desempeño académico (datos sin publicar). Esta correlación es de tal relevancia para el desempeño de los estudiantes en las diversas materias que llevó a los autores a incluir una pregunta sobre este aspecto, pregunta 7 del cuestionario.). La mayoría de los estudiantes participantes señalaron que no trabajan mientras estudiaban (77.8%, n=21), mientras el 22.2% de los estudiantes indicaron que sí trabajaban mientras estudiaban (n=6).

La parte II del cuestionario se compone de dos secciones de cinco preguntas cada una. Las preguntas 8-12 van dirigidas a determinar transiciones en la característica afectiva descrita como el **interés** del estudiante (Slater, 2010). En estas se le solicita al estudiante que establezca el nivel de interés hacia: continuar estudios graduados (preg. 8), llevar a cabo investigación en su área de especialidad (preg. 9). En el aspecto sobre ampliar su conocimiento en las Ciencias Biológicas se le pregunta su interés en tomar otro curso de CiBi (preg.10) y en continuar ampliando su literacia en biociencias mediante la lectura de artículos de periódicos y revistas de temática general (preg. 11). En la quinta pregunta (preg. 12) se indaga el interés del participante en llevar a cabo una investigación en alguna disciplina de las biociencias. Esta pregunta le sirve a los investigadores como un control que permite determinar el grado de honestidad que el estudiante expresa al contestar el cuestionario. La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos para esta sección del cuestionario

Niveles de interés: Pregunta	Muy interesado	Interesado	Algún interés	Poco interesado	No tienes interés alguno
8... en continuar estudios graduados en mi área de especialidad	8 (29.6%)	7 (25.9%)	8 (29.6%)	2 (7.4%)	2 (7.4%)
9...en llevar a cabo una investigación en mi área de especialidad	4 (14.8%)	4 (14.8%)	11(40.7%)	5 (18.5%)	3 (11.1%)
10... en tomar otros cursos de Ciencias Biológicas	5 (18.5%)	3 (11.1%)	11(40.7%)	7 (25.9%)	1 (3.7%)
11... en continuar educándome sobre tópicos relacionados a las biociencias	3 (11.1%)	1 (3.7%)	13(48.1%)	7 (25.9%)	3 (11.1%)
12. Existe alguna posibilidad de llevar a cabo una investigación en algún campo de las biociencias	2 (7.4%)	3 (11.1%)	7 (25.9%)	9 (33.3%)	6 (22.2%)

n=27

**Tabla 2:** Niveles de interés de la población estudiantil participante.

Entre los resultados de la Tabla 2 se destaca que el 93.2% (n=23) de los estudiantes participantes demostraron tener algún interés y/o estar muy interesados en continuar estudios graduados en su área de especialidad. De estos, el 70.3% (n=19) mostró tener algún interés y/o mucho interés en hacer una investigación en su área de especialidad. Mientras el 70.3% (n=19) mostró tener algún interés y/o mucho interés en tomar otro

curso de ciencias biológicas. El 62.9% (n=18) mostró tener algún interés y/o mucho interés en tomar otro curso de biociencias. De estos, el 44.4% (n=12) mostró tener algún interés y/o mucho interés en llevar a cabo una investigación en algún campo de las biociencias.

La Tabla 3 a continuación muestra los resultados obtenidos sobre el grado de satisfacción de los participantes en la prueba piloto con relación al curso CiBi 3028 (preg. 13), los temas de biociencias estudiados (preg.14), como futuro profesional luego de tomar el curso (preg. 15), tomar otro curso de CiBi con temas relacionados a la Biotecnología y la Biología Molecular (preg. 16) y para recomendar CiBi 3028 a otros compañeros. Los resultados están expresados en frecuencia (f) y el por ciento (%) de estudiantes que se registra para cada nivel de satisfacción.

<b>Grado de satisfacción: Pregunta</b>	<b>Muy satisfecho</b>	<b>Satisfecho</b>	<b>Algo satisfecho</b>	<b>Poco satisfecho</b>	<b>No está satisfecho o no aplica</b>
<b>13... de haber tomado el curso de CiBi 3028</b>	6 (22.2%)	18 (66.7%)	2 (7.4%)	0 (0.0%)	1 (3.7%)
<b>14... mostrado en los temas de biociencias</b>	9 (33.3%)	14 (51.9%)	4 (14.8%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
<b>15... como futuro profesional luego de haber tomado el curso de CiBi 3028</b>	6 (22.2%)	8 (29.6%)	13 (48.1%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
<b>16... tomaría algún otro curso relacionado con los temas ofrecidos en el curso de CiBi 3028 (2 individuos no se registran)</b>	16(59.3%)	8 (29.6%)	0 (0.0%)	1 (3.7%)	0 (0.0%)
<b>17. Recomendaría a otros compañeros tomen el curso de CiBi 3028 (un individuo no se registra)</b>	24(88.9%)	2 (7.4%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)

N=27

**Tabla 3:** Grado de satisfacción de la población estudiantil participante.

Dentro de las observaciones de la Tabla 3 se destaca que el 96.3% (n=26) de los estudiantes encuestados se sienten entre algo satisfechos y/o muy satisfechos con el curso de CiBi 3028: Ciencia, Biotecnología y Sociedad. De estos, el 100.0% (n=27) se encuentran entre algo satisfechos y muy satisfechos con los temas presentados en el curso. Por otro lado, el 100.0% (n=27) de los estudiantes participantes se encuentran entre algo satisfechos y muy satisfechos como futuro profesional luego de tomar el curso de CiBi 3028. Como resultado de ello, el 96.3% (n=26) tomaría cualquier otro curso de CiBi relacionado con los temas ofrecidos en el curso de CiBi 3028. El 100% de los estudiantes encuestados se encuentran entre satisfechos y muy satisfechos de recomendar el curso de CiBi de 3028 a sus compañeros.

La parte III del documento de evaluación corresponde a la prueba diagnóstica sobre conocimiento y comprensión de los conceptos y procedimientos que se discuten en clase y que se llevan a la práctica mediante las experiencias de laboratorio. Este consta de 25 preguntas de alternativas múltiples (18–42) sobre cinco (5) sub tópicos: 1. Naturaleza de la Ciencia y método científico (5 “ítems”), 2. Estructura del ADN y procesos (6 “ítems”), 3. ADN recombinante y transgénicos (5 “ítems”), 4. Células Madre y clonación (3 “ítems”), 5. Fundamentos en la tecnología del ADN (6 “ítems”). En la Tabla 4 se observa el número de estudiantes que contestaron correctamente cada pregunta (f) y el porcentaje de la muestra.

Pregunta	Frecuencia (f)	Porcentaje (%)
18. La ciencia se diferencia de	19	70.4
19. El método científico es	19	70.4
20. La forma más efectiva	25	92.8
21. Al momento de formular	13	48.1
22. En las investigaciones...	19	70.4
23. Una definición general para	9	33.3
24. Indique la secuencia correcta	5	18.5
25. Una mutación genética puede ser	25	92.5
26. Durante el proceso de transcripción	14	51.6
27. Durante el proceso de replicación	8	29.6
28. En la replicación del ADN	9	33.3
29. El Proyecto del genoma humano	10	37.0
30. Los primeros perfiles forenses del ADN	0	0.0
31. El plásmido es una molécula	16	59.3
32. Una bacteria con un ADN	15	55.6

33. El desarrollo de los organismos	12	44.4
34. Al hablar de las células madre	14	51.9
35. Cuando nos referimos a clonación	4	14.8
36. En el proceso de Clonación Reproductiva	8	29.6
37. Cuando usamos una micropipeta	19	70.4
38. Durante la extracción de plásmidos	16	59.3
39. Durante el proceso de electroforesis	0	0.0
40. Durante la electroforesis, se requiere	2	7.4
41. Al terminar la corrida de ADN	11	40.7
42. Al trabajar con un ADN recombinante	10	37.0

N=27

**Tabla 4:** Respuestas correctas por preguntas en término de frecuencia (f) y por ciento (%) de la población estudiantil participante (n=27).

De la Tabla 4 se desprende que los estudiantes participantes de la parte III de la Prueba Diagnóstica obtuvo 70% o más, en las preguntas 18, 19, 20, 22, 25 y 37. De otra parte, ninguno de los estudiantes contestó de forma correcta las preguntas 30 y 39, y sólo dos contestaron de forma correcta la pregunta número 40. La pregunta # 30 hace referencia a los perfiles del ADN, mientras las preguntas 39 y 40 hacen referencia a la técnica de electroforesis que se practica en una experiencia de laboratorio.

En la tabla 5 se detallan los resultados sobre contestaciones para cada uno de los sub tópicos que conforman la prueba.

Sección	Frecuencia (f)	Por ciento (%)
Naturaleza de las ciencias y el método científico	22	81.4
Estructura del ADN y sus procesos	13	48.1
ADN Recombinante y Transgénicos	2	7.4
Células Madre y Clonación	1	3.7
Fundamentos en Tecnología del ADN	11	40.7

N=27

**Tabla 5:** Distribución de frecuencia (f) y por ciento de la muestra piloto en las diferentes secciones de la parte III de la Prueba Diagnóstica.



Dentro de las observaciones de la Tabla 5 se destaca que el 81.4% de los estudiantes participantes (n=22) dominan el área de naturaleza de las ciencias y el método científico, seguida del área de Estructura del ADN y sus procesos (48.1%; n=13) y Fundamentos en Tecnología que los estudiantes del ADN (40.7%, n=11). Sólo el 7.4% (n=2) y el 3.7% (n=1) de los estudiantes encuestados contestaron de forma correcta las secciones de ADN recombinante y transgénico y células madres, respectivamente.

En la Tabla 6 se han organizado el número total (f) y el porcentaje (%) de estudiantes en relación al total de preguntas correctas que logran (puntuación) en la prueba diagnóstica (parte III) del instrumento de medición.

<b>Puntuación TOTAL</b>	<b>Frecuencia (f)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Porcentaje acumulado (%)</b>
14	1	3.7	3.7
13	7	25.9	29.6
12	6	22.2	51.8
11	2	7.4	59.2
10	2	7.4	66.6
9	5	18.5	85.1
8	2	7.4	92.5
6	1	3.7	96.2
4	1	3.7	100.0

N=27

**Tabla 6:** Distribución de respuestas correctas de la población estudiantil participante en la parte III de la Prueba Diagnóstica.

Dentro de los resultados en la Tabla 6 destaca que solo el 29.6% (n=8) obtuvieron 50% o más de respuestas correctas en la parte III de la Prueba Diagnóstica. De otra parte, el 66.6% (n=18) de los estudiantes encuestados obtuvo el 40% o más de respuestas correctas en dicha Prueba.

**Confirmación de la validez y confiabilidad del instrumento diseñado:**

Factores				
Reactivos	Ciencias Biológicas	Genética	Interés en estudios de ciencias biológicas	Investigación
	1	2	3	4
14	.757			
15	.583			
17	.467			
18	.437			
28		.902		
30		.876		
29		.867		
25		.853		
27		.843		
42		.839		
continúa				
34		.838		
26		.823		
24		.692		
32		.692		
41		.658		
39		.648		
35		.643		
36		.614		
31		.567		
23		.489		
11			.859	
8			.827	
10			.809	
13			.597	
16			.478	
Factores				
Reactivos	Ciencias Biológicas	Genética	Interés en estudios de ciencias biológicas	Investigación
	1	2	3	4
33				.858
19				.849
37				.833
20				.827
12				.817
22				.807
21				.771
9				.731
40				.639

**Tabla 7:** Matriz de carga factorial rotada entre los reactivos y el factor

A continuación, la Tabla 7 muestra los resultados obtenidos en el Análisis Factorial Exploratorio. Presenta la matriz de carga factorial rotada entre los reactivos y el factor, la cual se realizó con cuatro (4) factores. En esta tabla se presentan aquellos valores que exhiben una correlación en el análisis factorial mayor a .40 entre los reactivos y los factores.

El análisis de la matriz de carga factorial rotada permite identificar que los reactivos del instrumento se agrupan, en su mayoría, de forma ordenada y secuencial entre los cuatro factores.

La Tabla 8 resume los factores rotados y los reactivos que corresponden a cada factor. Cada factor está ordenado de acuerdo al porcentaje de la varianza que arroja el análisis de la matriz de carga factorial.

Factor	Identificación	Reactivos	Cantidad	Auto valor de la Varianza
1	Ciencias Biológicas	14, 15, 17, 18	4	11.379
2	Genética	28, 30, 29, 25, 27, 42, 34, 26, 24, 32, 41, 39, 35, 36, 31, 23	16	8.838
3	Interés en estudios CIBI	11, 8, 10, 13, 16	5	7.888
4	Investigación	33, 19, 37, 20, 12, 22, 21, 9, 40, 38	10	6.716

**Tabla 8:** Factores rotados con sus cargas factoriales y reactivos correspondientes

De acuerdo con la Tabla 8, el factor cuya varianza explicada es más alta (11.379), corresponde a el factor 1 identificado como Ciencias Biológicas. Este factor recopila datos relacionados a la satisfacción del estudiante respecto al curso de Ciencias Biológicas. El factor 2, presentó una varianza explicada de 8.838 y representa el conocimiento de los estudiantes con respecto a la genética. El tercer factor obtuvo una varianza explicada de 7.888 representando el Interés del estudiante por las Ciencias Biológicas y, por último, el cuarto factor obtuvo una varianza explicada de 6.716,

representando específicamente los procedimientos de laboratorios. Los resultados del análisis factorial presentaron correlaciones en el factor mayores a .40, lo que permite retener todos los reactivos del instrumento Pre-Post Prueba CiBi 3028 y no tener que realizar cambios en el mismo.

Para la fiabilidad del instrumento, se utilizó la Prueba *Alfa* de Cronbach. Este método requiere una sola administración del instrumento. Con una muestra de 27 estudiantes participantes, la prueba obtuvo un *Alfa* = 0.77 La confiabilidad varía de acuerdo con el número de reactivos que incluya el instrumento de medición. Cuanto más reactivos se integren al análisis, mayor será la confiabilidad (Hernández, et al., 2010)

## **Discusión**

Las respuestas ofrecidas por el Panel de Expertos, así como las sugerencias de los estudiantes en la Prueba Piloto sirvió para confeccionar la versión final del instrumento de evaluación que es utilizado actualmente como la pre y pos prueba para el curso de CiBi 3028: *Ciencia, Biotecnología y Sociedad*.

Una vez validado el instrumento de medición, el cual fue debidamente certificado por los expertos, los investigadores procedieron a administrar la prueba piloto, la cual fue posteriormente analizada estadísticamente. El instrumento utilizado en la prueba piloto reflejó un *Alfa* de Cronbach de 0.77. Esta prueba se utiliza con el propósito de conocer si cada premisa esta estandarizada. Dicha prueba se basa en el promedio de covarianza de cada premisa de forma individual. El resultado es favorable en la medida que se acerca a 1.00. De acuerdo con los resultados del análisis factorial para cada premisa, este reflejó que ninguna de estas debía de ser eliminada.

La muestra utilizada para la prueba piloto consistió de 27 estudiantes, todos de primer año de universidad. Hubo un 100 % de participación de la muestra bajo estudio al momento de contestar el instrumento de medición. Todos los estudiantes participantes en la muestra al momento del estudio tenían un programa de clases completo, no menor de 12 créditos.

El instrumento fue administrado personalmente por los investigadores luego de ofrecer las direcciones pertinentes con el fin de recopilar los datos necesarios para la realización del estudio piloto. El tiempo requerido para contestar la prueba piloto fue de aproximadamente de 60 minutos. Los datos fueron debidamente tabulados y analizados estadísticamente para contestar las preguntas que sirvieron de guía para esta investigación.

El análisis de los datos se llevó a cabo mediante estadística descriptiva e inferencial. La estadística descriptiva incluye las medidas de tendencia central como las medidas de dispersión. La estadística descriptiva de tendencia central incluye: la moda, mediana y media (promedio aritmético), frecuencias y por cientos. Mientras la estadística descriptiva de dispersión incluye la varianza como la desviación estándar. Los datos de tendencia central fueron frecuencia (f) y por ciento (%). La estadística inferencial utilizada fue la prueba de *Alfa* de Cronbach y el *Análisis Factorial*. El nivel de significancia de todas las pruebas estadísticas tendrá una probabilidad (P) de 0.05.

El 93.2% de los estudiantes encuestados demostró tener interés en continuar estudios graduados, mientras el 70.3% mostró tener interés en realizar una investigación en su área de especialidad y en tomar otro curso de Ciencias Biológicas y el 62.9% mostró interés en tomar otro curso de biociencias. De los estudiantes que demostraron interés sólo el 29.6% de los estudiantes encuestados están muy interesados en continuar estudios graduados, el 14.5% en realizar una investigación en su área de especialidad, el 18.5% tomaría otro curso de CiBi y sólo el 7.4% estaría dispuesto en tomar otro curso de biociencias.

El presente estudio encontró que el 100% de los estudiantes está satisfecho con los elementos académicos que ofrece el curso de CiBi 3028. Esto confirma la relevancia de la variable ambiente según descrita en el Modelo de Bean y Metzner (1985). Para Betancourt (2004), esto implica que los elementos académicos aportan a la persistencia de los estudiantes en permanecer en la universidad. El estudio de Betancourt demuestra que el 91.4% de los estudiantes persistentes tienen un índice académico bueno o excelente.

Por otro lado, nuestros hallazgos reflejan que el 100% de los estudiantes se encuentran entre satisfechos y muy satisfechos con el desempeño del profesor (el docente como variable) por lo cual recomendarían a sus compañeros el que tomaran dicho curso. Para Balcázar, Osuna y Hernández (2009), el docente es responsable del proceso sistémico de instrucción de los estudiantes. La interacción entre el profesor y los estudiantes es importante en la persistencia de estos, sobre todo en aquellos que tienen padres que no obtuvieron un grado universitario. Estas características afectivas ya habían sido descritas por Slater y colaboradores (2010). Además de forma indirecta se consigue una evaluación sobre la efectividad del proceso de enseñanza desde la perspectiva o el criterio del alumno. Esta es una herramienta de valor al momento de revisar las estrategias que utiliza el profesor al discutir los tópicos del curso (Finkelstein y Keating, 2018).

El presente estudio también demostró que el 100% de los estudiantes están entre satisfechos y muy satisfechos con el currículo que ofrece el curso de CiBi 3028. Para Betancourt (2004) la satisfacción depende de la importancia que se le da al servicio o producto que se recibe. Para uno de los autores (Trinidad, 2000), los estudiantes consideran importante la relación estudiante-profesor en la universidad pues los motiva en el proceso enseñanza-aprendizaje. Esto también fue confirmado por Reyes (2009) y Ortiz (2007) donde concluyeron que las experiencias personales e institucionales influyen en la persistencia del estudiante universitario, donde la facultad es parte importante de ello.

Cuando comparamos los niveles de satisfacción con los niveles de interés de los estudiantes participantes se destaca que el nivel de satisfacción del Curso de CiBi 3028: Ciencia Biotecnología y Sociedad es mucho mayor que el nivel de interés presentado por estudiantes que tomaron dicho curso. Tal vez esta percepción podría cambiar al momento de tomar una post prueba al finalizar el curso.

Sobre los resultados de la prueba diagnóstica (parte III, 25 preguntas), se puede establecer que el 81.4% de los estudiantes participantes (n=22) dominan el área de naturaleza de las ciencias y el método científico, seguida del área de Estructura del ADN

y sus procesos (48.1%; n=13) y Fundamentos en Tecnología del ADN (40.7%, n=11). Los autores entienden que la razón para que los estudiantes mostraran mayor dominio del tópico sobre naturaleza de la ciencia y el método científico se debió a que en el laboratorio se estuvo reforzando este tema en la teoría y en la práctica continuamente. Por otro lado, la prueba se ofreció a principios del mes de noviembre por lo que no se había cubierto en su totalidad temas como: Estructura del ADN y sus procesos; ADN, Recombinante y Transgénicos, Células Madre y clonación; y los fundamentos en Tecnología del ADN. Se infiere que ésta es la razón principal por lo cual los estudiantes obtuvieron sólo el 7.4% (n=2) y el 3.7% (n=1) en contestaciones correctas para las secciones de ADN recombinante y transgénicos y para Células Madre respectivamente.

Entre las observaciones que se destacan en la Tabla 6 se señala que solo el 29.6% (n=8) obtuvo 50% o más de respuestas correctas en la parte III de la Prueba y sólo el 66.6% (n=18) de los estudiantes encuestados obtuvo el 40% o más de respuestas correctas en dicha Prueba. De la Tabla 4 se desprende que los estudiantes participantes en la parte III de la Prueba obtuvo 70% o más, en las preguntas 18, 19, 20, 22, 25 y 37. De otra parte, ningún estudiante contestó de forma correcta las preguntas 30 y 39, y solo dos, contestaron de forma correcta la pregunta número 40. La pregunta # 30 hace referencia a los perfiles del ADN, mientras las preguntas 39 y 40 hacen referencia al proceso de electroforesis. Una posible razón para ello es que al momento de administrarse la Prueba solo se había cubierto apenas el 50% del material que comprende el curso de CiBi 3028: *Ciencia, Biotecnología, Sociedad*. Los autores ya han recopilado datos utilizando el instrumento de medición descrito en este artículo y han podido evidenciar a través de la post prueba un incremento significativo en el conocimiento y comprensión de los estudiantes en cada uno de los cinco tópicos que la componen (Ayarza-Real *et al.*, 2019)

## **Conclusiones**

Los cursos de Ciencias Naturales para estudiantes “*non-STEM*” producen un impacto a corto y largo plazo en los estudiantes (Sundberg & Deni, 1993), ya que dicha experiencia les va a ser útil en su futura vida académica, personal y profesional para la solución de problemas en los cuales estarán inmersos. Éste es uno de los objetivos principales de la

literacia científica que persigue la Asociación Americana de Avance en las Ciencias (AAAS, 2011). Es por ello importante que el diseño de las experiencias de laboratorio sea cónsono con el currículo del curso en el área de las ciencias que se esté impartiendo, de lo contrario producirá un escenario confuso para el estudiante. Sobre este particular Gardner y colaboradores (2016), nos dice; “Deficiencias en el diseño curricular y en la forma en que se imparte el curso [de ciencias] podrían producir consecuencias indeseables e imprevistas”. Esto es un elemento muy importante a considerar, ya que es el profesor, quien define, en última instancia, el campo de las ciencias (biología) a sus estudiantes.

El mérito intelectual de este proyecto consiste en la inserción de estudiantes “non-STEM” en un ambiente y una dinámica propia de la investigación a través del componente de laboratorio del curso CiBi 3028. Los estudiantes vivirán la experiencia de cómo el investigador “hace ciencia”. Los resultados que se obtengan como parte del avalúo del proyecto proveerá información sobre cuán efectivo podría ser integrar a estos estudiantes en proyectos de investigación auténtica a través de los cursos introductorios de Ciencias Biológicas. Los logros de este proyecto, podrían ser el fundamento para que el Departamento de Ciencias Biológicas incorpore y comparta estas nuevas tendencias en la enseñanza de las Ciencias Naturales para el estudiante “non-STEM” en un marco académico más amplio dentro del sistema universitario de Puerto Rico. Además, se están colocando los pilares para el diseño de un curso graduado dirigido a los estudiantes graduados especializándose como educadores de las biociencias de la Facultad Educación, en el cual puedan estar inmersos en proyectos de investigación en biociencias en un nivel avanzado.

A partir de nuestros hallazgos y conclusiones de esta evaluación se hacen las siguientes recomendaciones para futuras investigaciones, entre éstas podemos señalar: hacer un estudio a largo plazo para auscultar si los estudiantes están aplicando o no los conceptos aprendidos en el área de naturaleza y metodología de las ciencias como por ejemplo la formulación de preguntas de investigación, hipótesis y diseño experimental. Uno de los objetivos de mayor relevancia de este estudio fue promover este enfoque de investigación en docencia a los diversos cursos que ofrece la Facultad de Estudios



Generales. Nuestra intención en todo momento fue validar un protocolo de evaluación que sirviera de modelo para ser aplicado a los demás cursos de ciencias, adscritos a la Facultad de Estudios Generales. Además, de replicar esta experiencia de avalúo para que fuese adaptada al prontuario de las diversas variantes temáticas de los cursos que ofrece el Departamento de Ciencias Biológicas. Actualmente en el Departamento de Ciencias Biológicas ya se han estado trabajando en iniciativas para la evaluación de las competencias de investigación (datos sin publicar) y de las competencias de información (Colón, 2014, Colón et al., 2018) que los estudiantes desarrollan a través de los cursos de CiBi.

Al presente, los autores están trabajando en el diseño de una prueba que permita evaluar la dinámica de los estudiantes durante una actividad de análisis, en el salón de clases, sobre un problema biológico planteado por el profesor. Este problema lo trabajarían los estudiantes utilizando el proceso y el enfoque de la transdisciplinariedad.

Sin lugar a duda, es importante incorporar nuevas técnicas de evaluación, que pongan a prueba no sólo la memoria sino también las facultades de comprensión, la aptitud para las labores prácticas, las competencias de investigación, pensamiento crítico y la creatividad. La educación superior ha dado pruebas de su viabilidad y capacidad para transformarse, propiciar el cambio y el progreso de la sociedad. Dado el alcance y el ritmo de las innovaciones, la sociedad tiende a fundarse cada vez más en el conocimiento, razón por la que la educación y la investigación forman hoy en día una parte fundamental del desarrollo cultural, socioeconómico y ecológicamente sostenible de los individuos, las comunidades y las naciones.

La propia educación superior ha de emprender la transformación y la renovación más radical que jamás haya tenido por delante, de forma que la sociedad contemporánea, pueda trascender a las consideraciones meramente económicas y asumir dimensiones de moralidad y espiritualidad más enraizadas, para la formación de profesionales altamente calificados en el ejercicio de sus funciones.

Significa entonces que se debe considerar la evaluación de los aprendizajes a nivel universitario a través de casos, problemas del entorno o académicos, proyectos,

simulaciones, los procesos y los resultados. En este sentido, de acuerdo con Canquiz (2010), “los evaluadores hacen juicios basados en la evidencia reunida de una variedad de fuentes que definen si un individuo satisface los requisitos planteados por un estándar o conjunto de criterios”.

## Referencias

- AAAS (2011). *Vision Change in Undergraduate Biology Education: A call to action*. Washington, DC. AAAS
- Arroyo, G. (2011). La enseñanza y capacitación en Biotecnología desde la perspectiva de la Educación General. *Revista Umbral*, 4, 66-78.
- Ary, D.; Jacobs, L.Ch. y Razavieh, A., (1989). *Introducción a la investigación pedagógica*. Edición XX Editorial Interamericana, México
- Ayarza-Real, C. & Arroyo-Cruzado, G. (2017). Estudiantes universitarios subgraduados “non STEM” se dedican al aprendizaje activo a través de experiencias de Biología Molecular en el laboratorio. *Revista INTEC* 23:241-257
- Ayarza-Real, C., Trinidad, R. & Arroyo-Cruzado, G., (2019), Ciencia, Biotecnología y Sociedad, un curso para estudiantes “non-STEM” dentro de la Educación General: Estudio de avalúo que compara el aprovechamiento y el interés d estudiantes de primer año con el de estudiantes de mayor nivel. *en Los Estudios Generales en América Latina: debates, prácticas y propuestas*. pag.251 Ediciones Mágica, San Juan, PR
- Balcázar, E., Osuna, C., Hernández, E., (2009). Deserción escolar de la licenciatura en actividad física y deportes, de la escuela de deportes de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Investigación presentada en el X Congreso Nacional de Investigación Educativa, México.
- Bean, J., & Metzner, B., (1985). A conceptual model of nontraditional undergraduate student attrition. *Review of Educational Research*, 55(4), 485-540.
- Betancourt, G., (2004). Factores del ambiente universitario que inciden en el nivel de satisfacción y el nivel de importancia de los estudiantes persistentes y no persistentes. Tesis doctoral, Universidad Interamericana, Puerto Rico.
- Bloom, B.S. y Krathwohl, D.R.. (1956) Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals, by a committee of college and universityexaminers. Handbook 1: Cognitive domain. New York: Longmans.
- Brown, K., (2001). Plantas transgénicas y ecosistemas. *Investigación y Ciencia*, 200, 14-19.
- Canquiz L. (2010). *Evaluación de competencias profesionales en los currículos*

- universitarios*. Investigación en Ciencias Humanas. Colección Ciencias Humanas. Universidad del Zulia. Vol. 1. Pág. 130-142. Ediciones Astro Data S. A. Maracaibo, Venezuela.
- Caruso, S. M., Sandoz, J., & Relsey, J. (2009). Non-STEM undergraduates become enthusiastic phage-hunters. *CBE Life Sci Educ.*, 8, 278-282
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K., (2003). *Research methods in education* (5a ed.). London: Routhledge Falmer.
- Colón, W., (2014) Integración de competencias de información al currículo de la Facultad de Estudios Generales de la Universidad de Puerto Rico: curso 4105 de Ciencias Biológicas. *Revista Umbral*, 9, 161-18.
- Colón, W., Rodríguez, J. y Ojeda, C. (2018). Evaluación de una rúbrica diseñada para el avalúo de competencias de información en cursos de Ciencias Biológicas. *Revista Umbral*, 14, 140-160
- DeHaan, R. L. (2005). The impending revolution in undergraduate science education. *Journal of Science Education and Technology*, 14, 253-269.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E Model. *The Science Teacher*, 70, 56-59.
- Elder, P., (2005). Una guía para los educadores en los estándares de competencias para el pensamiento crítico. Fundación para el Pensamiento Crítico. California EEUU
- Evans, W., & Relling, M. V., (1999). Pharmacogenomics: Translating functional genomics into rational therapeutics. *Science* 286, 487-491.
- Finkelstein, N. y Keating, J. (2018). Promoting scholarly evaluation of teaching: Addressing the third rail of academia. *ASCB Newsletter* 41:14-16
- Gardner, C. E., Bonner, J., Landin, J., Ferzli, M., and Shea D., (2016). Nonmajor's Shifts in the Attitudes and Perceptions of Biology Following and Active-Learning Course: An Exploratory Study. *The American Biology Teacher*, 8 (1):43-48
- Gayá, L., (2002), Reflexiones bioéticas sobre la clonación de seres humanos. Puerto Rico *Health Science Jour.* 21, 361-368.
- Handelsman, J., Ebert-May, D., Beichner, R., Bruns, P., Chang, A., De Hann, R. L., Gentile, J., Lauffer, S., Stewart, J., Tilghman, S. M., & Wood, W. B. (2004). Scientific Teaching. *Science*, 304, 521-522.
- Handelsman, J., Miller, S. y Pfund, C. (2007) Scientific teaching. W. H. Freeman

- and Company, New York, N.Y.
- Harrison, M., Dunbar, D., Ratmansky, L., & Boyd, K. and Lopatto, D. (2011). Classroom-based science research at the introductory level: changes in career choices and attitude. *CBE Life Sci Educ*, 10, 279-286.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México, D.F. McGraw-Hill Interamericana.
- Hinkle, D., Wiersma, W. y Jurs, S. (2003). *Applied Statistics for the Behavioral Sciences*. New York: Houghton Mifflin Company.
- Ledesma, R., Molina, G. y Valero, D., (2002) Análisis de consistencia interna mediante Alfa de Cronbach: un programa basado en gráficas dinámicas. *Psico-USF*, 7, 143-152
- Lopatto, D. (2006). Undergraduate research as a catalyst for liberal learning. *Peer Rev.*, 8, 22-25.
- Lopato, D. et al. (2008) Genomics Education Partnership. *Science* 322: 684-685.
- McMillan, J., Shumacher, S., (2005). *Investigación Educativa*. Pearson, Madrid.
- Metzner, B., & Bean, J., (1987). The estimation of a conceptual model of nontraditional undergraduate student attrition. *Research in Higher Education*. 27(1). 15-38.
- Milem, J., (2001) Increasing diversity benefits: How campus climate and teaching methods affect students' outcomes. In *Diversity challenged: Evidences on the impact of affirmative action*. G. Orfield, ed, Cambridge, MA: Harvard Education Publishing Group.
- National Research Council. (2003). *Bio 2010: Transforming undergraduate education for future research biologists*. *The National Academy Press*. Washington, DC.
- Ortiz, A., (2007). Análisis de la experiencia de retención en una institución universitaria privada desde la perspectiva de estudiantes, facultad, consejeros y consejeras. *Disertación doctoral*. Universidad Interamericana de Puerto Rico, San Juan, P.R.
- Pallarito, K., (2004), Fueling the fires of ARN interference, *The Scientist*, 18, 18-19.
- Reeves, T., Warner, D., Ludlow, L. & O'Connor, C. (2018). Pathways overtime: Functional genomics research in an introductory laboratory course. *CBE Life Sci Educ* 17:1-14.

- Reyes, C., (2009). La deserción en la licenciatura en geografía de la UAEM, un análisis desde las trayectorias escolares, cohorte 2004-2009. Investigación presentada en el X Congreso Nacional de Investigación Educativa, México.
- Seymour, E. Hunter A. B., Laursen S. L., & De Antoni, T. (2004). Establishing the benefits of undergraduate research for undergraduates in the sciences: first findings from a three-year study. *Sci Educ*, 88, 493-594.
- Slater, S. J., Slater, T. F., & Bailey, J. M. (2010). Discipline-based education research: scientist's guide. *W. H. Freeman and Co. 41 Madison Ave., NY*.
- Sturgis, P. & Allum, N. (2004) Science in society: re-evaluating the deficit model of public attitudes. *Public Understanding of Science* 13: 55-74.
- Sundberg, M. D., & Dene, M, L. (1993). Science majors vs nonmajor's Is there a difference. *Journal of college College Science Teaching*. 22, 299-304.
- Trinidad, R. (2000). La Relación Entre la Fuente de Conocimiento Ambiental, Formal y No Formal, y la Actitud Hacia el Medio Ambiente del Estudiante de Primer Año Universitario. Tesis Doctoral. Universidad Interamericana de Puerto Rico, Recinto Metropolitano.
- Turner, C., (2000), New faces, new knowledge. *Academe* 36: 34-3.
- Udovic, D., Morris, D., Dickman, A., Postlethwait, & Wetherwax, P. (2002). Workshop Biology demonstrating the effectiveness of active learning in an introductory biology course. *Bioscience*, 52, 272-281.
- Vera L., Guerrero W., Castro L., Fossi M. (2013). La evaluación de los aprendizajes en la educación universitaria en el marco del enfoque Andragógico. *Revista Negotium*. Vol. 9: 86-115.
- Wyckoff, S. (2001). Changing the culture of undergraduate science teaching. *Journal of College Science Teaching*, 30, 306-312.

Zamudio, T., (2010), Regulación jurídica de las biotecnologías. Recuperado de [www.biotech.bioetica.or/i25htm](http://www.biotech.bioetica.or/i25htm)

La Revista Umbral es la revista inter y transdisciplinaria sobre temas contemporáneos del Recinto de Río Piedras de la Universidad de Puerto Rico. Forma parte de la plataforma académica Umbral, auspiciada por la Facultad de Estudios Generales y el Decanato de Estudios Graduados e Investigación. Promueve la reflexión y el diálogo interdisciplinario sobre temas de gran trascendencia, abordando los objetos de estudio desde diversas perspectivas disciplinarias o con enfoques que trasciendan las disciplinas. Por esta razón, es foro y lugar de encuentro de las Ciencias Naturales, las Ciencias Sociales y las Humanidades. Sus números tienen énfasis temáticos, pero publica también artículos sobre temas diversos que tengan un enfoque inter o transdisciplinario. La Revista Umbral aspira a tener un carácter verdaderamente internacional, convocando a académicos e intelectuales de todo el mundo. La Revista Umbral es una publicación arbitrada que cumple con las normas internacionales para las revistas académicas. Está indexada en [Open Journal Systems](#), [Latindex](#) y [REDIB](#).

Disponible en [umbral.uprrp.edu](http://umbral.uprrp.edu)



La Revista Umbral de la Universidad de Puerto Rico Recinto de Río Piedras está publicada bajo la [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](#)