

Interdisciplinariedad en la carrera de Ingeniería Agrónoma: un enfoque desde la disciplina de Física



Yáima Rodríguez Peña

*Departamento de Matemática-Física, Facultad de Ingeniería,
Universidad de Sancti Spíritus, Avenida de los Mártires No. 360,
C.P. 60,100, Cuba.*

E-mail: yaima@suss.co.cu

(Recibido el 27 de Septiembre de 2013, aceptado el 11 de Febrero de 2014)

Resumen

La interdisciplinariedad como metodología dentro del proceso docente se considera imprescindible en los primeros años de cualquier carrera universitaria. A continuación se exponen algunas relaciones interdisciplinarias, entre la Física y otras materias que forman parte del plan de estudio de la especialidad de Agronomía. El sistema de actividades elaboradas durante el proceso investigativo fue incorporado a las horas de práctica del primer año de la carrera de Ingeniería Agrónoma. Siendo éste su principal resultado. Para evaluar la factibilidad de este trabajo interdisciplinario se utilizó el método Delphi en la interpretación cuantitativa y cualitativa de un grupo de expertos seleccionados por su experiencia docente y científica.

Palabras clave: Física, investigación sobre Física educativa, ingeniería.

Abstract

Interdisciplinarity as educational methodology within the teaching process is very important in the first year of studies. The following investigation exposes some interdisciplinary relationships between Physics and different agronomy matters fulfilling the study plan of Agronomy as such. The system of activities of this research was incorporated to the practical hours of first year Agronomy engineering students; this is its principal outcome. To assess the feasibility of this interdisciplinary work, the Delphi Method was used in the quantitative and qualitative interpretation carried out by a group of experts chosen due to their teaching and scientific experience.

Key words: Physics, Physics Education research, engineering.

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

ISSN 1870-9095

I. INTRODUCCIÓN

Grandes pedagogos latinoamericanos se han referido a la idea de asociar el contenido de enseñanza de las diferentes asignaturas entre ellas mismas, a la necesidad de establecer una educación para la vida, en la que todo puede ser ocasión para desarrollar las capacidades del individuo. En el mundo actual, el progreso en cualquier ciencia depende de la utilización de los logros de otras ramas del conocimiento.

La interdisciplinariedad es la interacción entre dos o más disciplinas, producto de la cual las mismas enriquecen mutuamente sus marcos conceptuales, sus procedimientos, sus metodologías de enseñanza y de investigación [1].

Se concuerda con [1], ya que la esencia de la interdisciplinariedad radica en la actividad de las personas que la llevan a cabo, se caracteriza por la cooperación orgánica y la flexibilidad entre los miembros del equipo; la comunicación y la desaparición de barreras; el enriquecimiento mutuo de saberes; la exaltación de valores como la solidaridad, la honestidad, la laboriosidad, la tenacidad y el respeto. Todo ello con el fin de avanzar en la búsqueda de nuevos campos de la investigación.

Para algunos pedagogos la interdisciplinariedad supera las disciplinas que la componen, rompen la estructura de éstas, suponen el estudio de las relaciones entre las mismas. Pero en este trabajo se defiende la idea de que este proceso debe desarrollarse sin sacrificar la profundidad que alcanzan las disciplinas en un área determinada del saber. Se concibe el mismo como los nexos entre ciencias que tienen núcleos de conocimientos comunes, el intercambio mutuo, que incida en la manera de pensar, el comportamiento de los estudiantes y en la forma de enfrentar la vida.

En su artículo [2] expone que el ingeniero agrónomo es un profesional que, haciendo uso racional de los recursos humanos, físicos, químicos, matemáticos, biológicos y sociales, debe dirigir el proceso de producción agropecuaria con una lógica que implica: diagnosticar, pronosticar, planificar, organizar, aplicar, ejecutar y controlar el mismo. De aquí se deduce la importancia del enfoque interdisciplinario en la formación de este profesional.

En "Diseño curricular" [3] explica que en cada proceso de renovación curricular, siempre estará presente la integración de los conocimientos, a lo que se le ha llamado enseñanza integrada o enfoque interdisciplinario. Esta

concepción se encuentra en la base de la organización del diseño curricular.

¿Por qué a los docentes les resulta difícil la integración de los conocimientos? Actualmente los planes de estudio de las carreras de ingeniería, declaran la interdisciplinariedad como un aspecto importante a tener en cuenta en la formación del profesional; pero no explican cómo hacerlo. Los docentes presentan dificultades para determinar y materializar las relaciones interdisciplinarias.

En todas las disciplinas del plan de estudio de la carrera de Ingeniería Agrónoma, se distribuyen horas de docencia y de práctica. La disciplina de Física tiene 80 y 32 horas respectivamente. De ellas le corresponden a la asignatura Física I 40 y 16. Esta materia está ubicada en el primer año de estudio, cuando los estudiantes no han recibido gran parte de las disciplinas vinculadas estrechamente con su especialidad. Esta es una de las causas que entorpecen el trabajo interdisciplinario en la referida carrera; otra es la autopreparación del profesor con respecto a los temas relacionados con la Agronomía, enfrentando una situación de escasa bibliografía y pobre acceso a Internet; por último la formación disciplinar de los docentes es otro factor incidente. Sin duda el establecimiento de relaciones intermaterias permitirá al profesor de Física demostrar a los alumnos la importancia de esta disciplina de formación básica. Siendo el objeto de investigación la interdisciplinariedad en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física I para la carrera de Agronomía.

Se aplicaron los siguientes métodos teóricos:

El histórico-lógico, que nos permitió indagar en el objeto de la investigación, sus antecedentes y desarrollo hasta nuestros días.

La modelación, que constituyó un método para la comprensión de cómo relacionar los modelos de la Física con los fenómenos y procesos estudiados por la Agronomía, y elaborar el sistema de actividades.

El análisis-síntesis, para la sistematización de las ideas relacionadas con el objeto de estudio y para establecer las múltiples relaciones entre las disciplinas y demás factores que intervienen en el proceso de enseñanza aprendizaje que se analiza.

Método sistémico, que proporcionó la orientación general para el estudio y solución integral del problema.

Entre los métodos empíricos se encuentran:

Análisis documental, para sistematizar las referencias bibliográficas, que permitió el enfrentamiento a un buen número de referentes teóricos.

Fueron utilizadas la observación, las entrevistas, las encuestas y la valoración de especialistas. Estos permitieron recoger evidencias, criterios e informaciones que permitieron evaluar cualitativamente el sistema de actividades interdisciplinarias.

II. DESARROLLO

La realización de la interrelación sistemática entre las ciencias [4] convence a los alumnos de que entre las diferentes esferas de los conocimientos no existen límites bien marcados, de que ellas no están separadas unas de

otras, sino que, desde diferentes puntos de vista, cada una de ellas, con sus propios métodos, estudia el mundo material; el conjunto de resultados obtenidos por ellas nos proporciona una representación general sobre el mismo. En el libro "Las relaciones intermaterias, una vía para incrementar la calidad de la educación" [4] se propone amplias líneas directrices. En el análisis realizado de las mismas prevalece el criterio de que todas ellas se resumen en la relación intermateria a partir de los nexos entre ciencias que tienen núcleos de conocimientos comunes.

Las relaciones intermaterias [5] pueden concretarse en tres tipos de nexos fundamentales: nexos de los hechos, nexos de teorías y nexos de conceptos. La interrelación entre la Física y las asignaturas de la especialidad de Agronomía se puede realizar sobre la base de los nexos de los hechos, que implican la relación intermateria a partir de hechos estudiados por diferentes asignaturas y que sirven de base común; y nexos de conceptos, estos constituyen el tipo fundamental de nexos entre las diferentes asignaturas, son múltiples, abarcan casi todo el contenido de las disciplinas y su acción se propaga a un volumen considerable.

Se refiere [5] anteriormente a pasos metodológicos, para la realización de un trabajo interdisciplinario, los cuales se han aplicado en carreras pedagógicas, y para el desarrollo de esta investigación:

Formular un marco teórico referencial (MTR): en él se han de integrar, organizar y articular los aspectos puntuales y fragmentarios que se estudian desde cada una de las asignaturas, de donde se derivan los pasos y actividades a realizar coordinadamente.

Trabajar con un esquema de investigación (EI): teniendo en cuenta que la integración de conocimientos tiene como objetivo fundamental la formación de una correcta concepción científica del mundo, debe situarse al nivel del problema práctico que se corresponda con el método de resolución a través de la investigación.

Explicitar y programar las actividades a realizar (SA): surgen del propio marco referencial y dependen de la naturaleza de cada experiencia concreta.

En el MTR se tuvo en cuenta que la disciplina de Física para estudiantes de ingeniería, debe desarrollar un conjunto de habilidades lógicas, experimentales y en la solución de problemas teóricos que, contribuyan a la formación de los modos de actuación del ingeniero. En ella se establecen leyes y principios básicos de la naturaleza necesarios para la comprensión de la Biología, los procesos que ocurren en el suelo, en las plantas y en la atmósfera. Fundamenta el funcionamiento de las máquinas agrícolas y crea las condiciones para asimilar el constante desarrollo de la tecnología. Además su sistema de conocimientos contiene, conceptos, leyes y principios relacionados con las asignaturas de Química, Matemática, Riego y Drenaje, Mecanización Agropecuaria, Botánica, Fisiología vegetal, Práctica Agrícola, entre otras.

Se determinó que las asignaturas Riego y drenaje, Mecanización agropecuaria y Física I, pertenecen a diferentes disciplinas pero entre ellas existen relaciones intermaterias. Se seleccionaron un conjunto de situaciones

comunes entre ellas y que pueden ser tratadas en las clases de Física I.

En la tabla I se observa la selección de situaciones prácticas del ingeniero agrónomo, que están relacionadas a la vez con los contenidos de Física I y de las asignaturas de la especialidad escogidas, para ello se tuvieron en cuenta diferentes temas.

TABLA I. Relación de temas de la asignatura Física I y situaciones seleccionadas.

Tema de la asignatura.	Situación seleccionada.
Cinemática	Circulación del agua en canales de riego trapezoidales y tuberías horizontales de sección transversal constante.
Dinámica	Fuerzas que actúan sobre el arado en la tierra. Funcionamiento de un sistema de riego por aspersores de pivote central.
Trabajo y energía	Funcionamiento de las bombas centrífugas. Utilización de fuentes renovables de energía.
Mecánica de los fluidos	Circulación del agua en tuberías de sección transversal variable. Pérdidas por rozamiento. Mecanismos hidráulicos.
Termodinámica	Procesos termodinámicos en seres vivos. Motores térmicos y refrigeración.

El esquema de investigación seguido (EI) es el aprendizaje como investigación dirigida o enseñanza problémica. Se abordará el tratamiento de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones profesionales, incluyendo aquellas que permiten detectar y esclarecer preconcepciones, esto hará posible la profundización y afianzamiento de estos conocimientos. Ello exige un conjunto de actividades con una lógica interna, totalmente intencionadas sin espacio para la improvisación. El profesor debe atraer la atención del alumno hacia la actividad, la tarea o el tema docente, para despertar el interés cognoscitivo y otros motivos que impulsen su actividad, su dificultad cognoscitiva debe resultar asequible, por lo tanto un diagnóstico psicopedagógico de los estudiantes será imprescindible. Es importante descubrir ante el estudiante la contradicción que existe entre la necesidad cognoscitiva que ha surgido en él y la imposibilidad de satisfacerla mediante los conocimientos, las habilidades y los hábitos que posee. Se debe ayudar al alumno a trazar el plan para hallar las vías de solución de la dificultad, lo que lo conduce a una actividad de búsqueda.

Para la confección de programas de actividades [5] recomienda estos acertados aspectos que se tuvieron en cuenta:

- Presentar situaciones problemáticas abiertas de un nivel de dificultad adecuado, correspondiente a su zona de desarrollo potencial.
- Plantear una reflexión sobre el posible interés de las situaciones propuestas que de sentido a su estudio, considerando su relación con la ciencia y la técnica, la naturaleza y la sociedad.
- Prestar atención a potenciar las actitudes positivas y que el trabajo se realice en un clima próximo a lo que es una

investigación colectiva (situación en la que opiniones de cada individuo cuentan) y no en un clima de sometimiento a tareas impuestas por el profesor.

- Se plantea la emisión de hipótesis y hacer explícitas, funcionalmente, las preconcepciones.
- Es necesario el análisis detallado de los resultados, a la luz del cuerpo de conocimientos disponible y de las hipótesis manejadas.
- Se pide un esfuerzo de integración que considere la contribución del estudio realizado a la construcción de un cuerpo coherente de conocimientos, las posibles implicaciones en otros campos de conocimientos.
- Se potencia la dimensión colectiva del trabajo científico, organizando en equipos el trabajo y facilitando la interacción entre ellos. se hace ver que los resultados de una sola persona o un solo equipo no son suficientes para confrontar una hipótesis.

El SA confeccionado contiene una serie de conferencias que se mencionan en la tabla II; se impartieron en las horas destinadas a la docencia. En cada una de ellas se orienta una guía de estudio para que los estudiantes apliquen los conocimientos adquiridos que luego serán evaluados en próximos encuentros.

TABLA II. Relación de conferencias impartidas y objetivos propuestos.

Conferencias.	Objetivos.
Velocidad del agua en canales y tuberías.	Determinar la velocidad del agua y el caudal, en canales de riego trapezoidales y tuberías horizontales de sección transversal constante, a partir de análisis físicos cinemáticos.
Fuerzas en la tierra y riego por aspersores.	Determinar las fuerzas que actúan sobre un arado de vertedera en plena faena en el campo, a partir de análisis físicos dinámicos. Valorar la importancia de la fuerza de tensión superficial en el cuidado de las plantaciones. Determinar magnitudes de la cinemática de la rotación, y la cantidad de agua que vierte un sistema de riego por aspersores de pivote central.
Bombas centrífugas.	Describir la estructura y funcionamiento de una bomba centrífuga a partir de un análisis energético. Determinación de la potencia absorbida, la eficiencia y la carga de una bomba centrífuga.
Mecánica de los Fluidos.	Determinar la velocidad del agua en tuberías de sección transversal variable y las pérdidas por rozamiento en sistemas de riego, aplicando métodos físicos. Explicar el principio físico de funcionamiento de los mecanismos hidráulicos.
Termodinámica técnica.	Describir el ciclo termodinámico de un motor térmico y un refrigerador, para un mejor entendimiento del funcionamiento de las instalaciones frigoríficas.

	Describir procesos termodinámicos en seres vivos.
--	---

En el anexo 1 se encuentran ejemplos de actividades de diferentes guías de estudio orientadas en las conferencias. La distribución de las actividades elaboradas por cada tema y por horas de práctica se encuentra en la tabla III, se observa que se intercalaron momentos de investigación y experimentación, de acuerdo a las condiciones objetivas materiales.

TABLA III. Relación de actividades elaboradas por tema y horas de práctica.

Sema-na	Horas	Actividad	Tema
3	3	Investigación	Velocidad del agua en canales y tuberías.
5	2	Trabajo de laboratorio	Medición de aceleración II. Relación entre masa y fuerza I.
6	3	Investigación	Fuerzas en la tierra y riego por aspersores.
7	2	Trabajo de laboratorio	Determinación de la aceleración de la gravedad. Ley de conservación del momento lineal.
8	2	Investigación	Bombas centrífugas. Fuentes renovables de energía.
11	2	Investigación	Circulación del agua en tuberías de sección transversal variable. Pérdidas por rozamiento. Mecanismos hidráulicos.
12	2	Investigación	Termodinámica técnica.

Se coincide con lo planteado por [6] pues no se puede reducir la actividad investigativa a trabajo experimental, junto a los momentos de trabajo experimental se intercalarán otros de recepción a través de la lectura o una conferencia. Teniendo presente en todo este tratamiento las complejas relaciones ciencia y técnica- naturaleza-sociedad que enmarcan el desarrollo científico. Pueden incluirse así actividades como la lectura y discusión de noticias científicas, visitas a laboratorios y otros centros educacionales o de investigación, estudio de situaciones de interés en la vida práctica o la toma de decisiones en cuanto a situaciones conflictivas.

III. EVALUACIÓN POR LOS EXPERTOS

La constatación de la factibilidad de este trabajo interdisciplinario se realizó mediante el “criterio de expertos”, utilizando el Delphi. El cual es muy usado en las investigaciones educativas [7].

La aplicación del método se inicia con la selección de los expertos o evaluadores, como explica [8]. Se

caracterizaron como tal 12 profesores cuyo coeficiente de competencia resulta mayor que 0,70. De ellos, el 92% son doctores o maestros en ciencias. Con relación a la categoría docente el 50%, son profesores titulares o auxiliares y el resto profesores asistentes. Con respecto a los años de experiencia en la docencia se obtiene un promedio de 19,1 años. De los resultados obtenidos puede asegurarse que la muestra de expertos seleccionada tiene una alta competencia.

Luego de la selección, se entregó a los evaluadores este trabajo interdisciplinario y un instrumento para evaluar la factibilidad del mismo. Los indicadores por dimensión para valorar la propuesta se encuentran en el anexo 2.

Valoración de los indicadores: para valorar, en una escala ordinal, cada uno de los indicadores, se utilizó el escalamiento tipo Likert; que consiste en proponer un conjunto de afirmaciones o juicios, ante los cuales se solicita la opinión de los sujetos a los que se les aplica. Se asume una escala que se interpreta de la siguiente manera: muy adecuado (M.A), bastante adecuado (B.A), adecuado (A), poco adecuado (P.A), insuficiente (I).

Es decir, se pide al sujeto que en cada juicio elija una de las cinco alternativas de la escala. Cada experto obtiene una puntuación total que está dada por la suma de los valores correspondientes a cada juicio seleccionado.

El procesamiento estadístico de los resultados obtenidos se realiza mediante el método “Jorgerson” que permite asignar un valor de escala a cada aspecto y determinar límites entre cada categoría para llegar a una escala ordinal en la que cada aspecto corresponda a una categoría semejante a la que se utiliza para recoger la opinión de los expertos.

Se confeccionan las tablas de frecuencia de las categorías por indicador, donde resulta que los indicadores 2, 3 y 7 son los más favorecidos por los expertos; ellos son: los fundamentos teóricos que respaldan la propuesta, la correspondencia de la propuesta con los requerimientos establecidos para un trabajo interdisciplinario y la contribución de la propuesta a la actividad laboral e investigativa propia de los modos de actuación del profesional respectivamente.

Los indicadores 4, 5 y 6 fueron medianamente favorecidos ya que tres de los expertos consideran los mismos como poco adecuados, el resto los valora como muy adecuado y bastante adecuado; ellos son: el carácter instructivo, educativo y desarrollador de la propuesta, las actividades elaboradas y forma de organización de la propuesta para lograr la interdisciplinariedad, además de las posibilidades prácticas de aplicación de la propuesta.

El indicador 1 es el menos favorecido por los expertos, pues existe un consenso de once de ellos que le otorgan la categoría de adecuado; sólo uno considera que es bastante adecuado.

Finalmente tres indicadores obtienen la categoría (M.A) y cuatro la categoría (B.A), este resultado permite el paso a la fase de aplicación. El procesamiento estadístico de los resultados de la siguiente fase se realizará en el mes de septiembre próximo.

IV. CONCLUSIONES

La realización de una selección de las asignaturas de la especialidad que manejan leyes y conceptos relacionados con la disciplina de Física, permitió la elaboración de situaciones prácticas del ingeniero agrónomo, que están relacionadas a la vez con los contenidos de Física I y de las materias de la especialidad escogidas anteriormente; confeccionándose un sistema de actividades integrador, que se sitúa al nivel del problema práctico y se corresponde con el método de resolución a través de la investigación.

La factibilidad de este trabajo interdisciplinario está corroborada por los análisis cualitativos y cuantitativos que realizan los expertos que la evalúan; hecho que permite el paso a la fase de aplicación; realizando ajustes al Plan calendario de la asignatura Física I.

REFERENCIAS

[1] Perera, L. F., *La formación interdisciplinaria de los profesores de ciencias: un ejemplo en el proceso de enseñanza- aprendizaje de la Física*, Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Pedagógicas. I.S.P. "Enrique J. Varona". La Habana. Cuba. (2000).

[2] Mena, J. L. y otros, *Concepción didáctica para una enseñanza - aprendizaje de las ciencias básicas centrada en la integración de los contenidos en la carrera de Agronomía*, Pedagogía universitaria XVI, No. 4. (2011).

[3] Addine, F. y otros, *Diseño curricular*, (Instituto Pedagógico Latinoamericano y Caribeño, La Habana, Cuba, 2000).

[4] Fiallo, J., *Las relaciones intermaterias, una vía para incrementar la calidad de la educación*, (Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba, 1996).

[5] González, L., *Metodología para la integración de los conocimientos biológicos y metodológicos en el proceso de enseñanza- aprendizaje de la metodología de la Biología*, Tesis de maestría, ISP "José de la Luz y Caballero". Holguín. Cuba. (2000).

[6] Gil, D., *Temas escogidos de la didáctica de la Física*, (Editorial Pueblo y Educación, La Habana, Cuba, 1996).

[7] Cruz, M., *El método Delphi en las investigaciones educacionales*, (Editorial Academia, La Habana, Cuba, 2007).

[8] Crespo, T., *Respuestas a 16 preguntas sobre el empleo de expertos en la investigación pedagógica*, (Editorial San Marcos, Perú, 2007).

[9] Pacheco, J. y otros, *Riego y Drenaje*, (Editorial Félix Varela, La Habana, Cuba, 2006).

ANEXO 1

Ejemplos de actividades de diferentes guías de estudio:

- Problema de la guía No. 1. Tomado del libro "Riego y drenaje" [9].

Una tubería horizontal llena de diámetro 0,4 m, descarga el agua dentro de un recipiente hasta llenarlo completamente. Se realizaron las mediciones con una regla en forma de escuadra y se determinaron las coordenadas $x = 20$ cm e $y = 35$ cm. Determine:

- El tiempo en que se llena completamente el recipiente.
- El gasto.

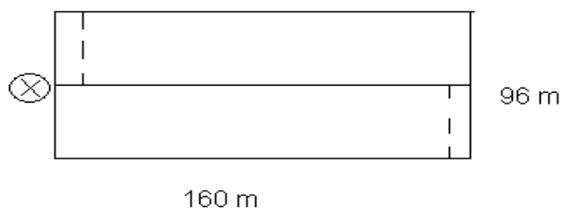
- Problema de la guía No. 2

Un obrero agrícola se encuentra arando la tierra con tracción animal, en un tramo del surco donde el coeficiente de fricción entre el suelo arenoso seco y la reja del arado es 0,35 la aceleración del mismo será $0,6 \text{ m/s}^2$. La masa del arado de vertedera que se está utilizando es de 40 kg.

- Determine la tensión en el enganche si el ángulo de inclinación es de 30° .
- Si se quiere aumentar la aceleración ¿qué cambios harías en el sistema?

- Problema de la guía No. 4

La figura muestra las dimensiones de un campo sembrado de tomate. Determine las pérdidas de energía por fricción si se trata de tuberías de aluminio de 15 años de explotación con $f = 0,033$ y $C = 120$.



Diámetro principal: 8 in
 Diámetro lateral: 6 in
 $Q = 600 \text{ gpm}$

ANEXO 2

Indicadores por dimensión para valorar la propuesta.

Dimensión 1: Fundamentación teórica y metodológica de la propuesta.

Indicadores:

1. Nivel en que valoran la variedad, uso y manejo de la Bibliografía.
2. Nivel en que valoran los fundamentos teóricos que respaldan la propuesta.

Dimensión 2: Estructura y organización de la propuesta.

Indicadores:

3. Nivel en que valora la correspondencia de la propuesta con los requerimientos establecidos para un trabajo interdisciplinario.
4. Nivel en que valora el carácter instructivo, educativo y desarrollador de la propuesta.
5. Nivel en que valora las actividades y forma de organización de la propuesta para materializar la interdisciplinariedad.

Dimensión 3: Aplicabilidad y efectividad de la propuesta.

Indicadores:

6. Nivel en que valora las posibilidades de aplicación práctica del trabajo interdisciplinario.
7. Nivel en que valora la contribución de la realización de la propuesta a la actividad laboral e investigativa propia de los modos de actuación del profesional.