

## EXPERIENCIAS EN LA RELACIÓN DISCIPLINAR DE LA MATEMÁTICA EN LA CARRERA DE METEOROLOGÍA

Águeda L. García Martín; María Josefina Codorníu Pujals; Gisela del Valle Rodríguez; Sadiel Novo Cuervo; Pablo E. de Varona de Varona; Jorge J. Becerra Fernández

Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas. Instituto de Meteorología Cuba

agueda@uci.cu; marifi@instec.cu; gisela@instec.cu; sadiel.novo@insmet.cu; pablo.varona@insmet.cu; jbecerra@instec.cu

**Resumen.** Se presenta el método de concebir el proyecto interdisciplinario integrado en la carrera de Meteorología, que tiene como eje rector la interdisciplinariedad y como metodología la formación académica por competencias. Identificadas éstas en cada semestre se ilustra el diseño de Cálculo y Geometría I y II en su contribución al desempeño cognitivo: comprensión, análisis, interpretación y representación y modelación/simulación. Se muestra el sistema de tareas docentes integradas fundamentalmente a la Disciplina Física y a la Disciplina Integradora. Se analizan los resultados: armónica integración de las acciones didácticas entre profesores y una mejor orientación a los alumnos.

**Palabras clave:** integración interdisciplinaria, habilidades matemáticas, resolución de problemas, metacognición

**Abstract.** It is presented the method to conceive for the integrated interdisciplinary project in the academic course of Meteorology degree. The principle which guides the method is the interdisciplinary approach and its methodology is the competencies-based academic training. These competencies have been identified in each semester, the design of the subjects Calculation and Geometry I and II is used to illustrate the contribution of the method to cognitive performance: comprehension, analysis, interpretation and representation, and modeling/simulation. It is presented the system of teacher's tasks; mainly they are integrated with the Physics Discipline and with the Integrating Discipline. The outcomes are analyzed: harmonious integration of didactic actions among the teaching staff, and improvement of student's guidance.

**Key words:** interdisciplinary integration, mathematical skills, problem solving, metacognition

### Introducción

En Cuba, la carrera de Licenciatura en Meteorología comienza oficialmente en el año 2003 en el Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas (InSTEC) de La Habana, como única universidad que la oferta en la isla. Aún cuando recién ha salido de las aulas la cuarta graduación, y a pesar de su corta vida, esta carrera ha estado en constante perfeccionamiento y cuenta ya con un segundo Plan de Estudios (Plan de Estudios D) con el que ha debutado la cohorte que cursó el 1er. año de la carrera en el curso académico 2010-2011.

Los antecedentes históricos de la Meteorología se encuentran en: una *actividad práctica* de predicción del tiempo y del clima, una *actividad empírica* de recopilación de datos y obtención de conclusiones basadas en la variabilidad de las magnitudes meteorológicas y de sus relaciones, y una *actividad teórica* destinada a explicar los complejos fenómenos del sistema atmósfera-océano-tierra según cierto sistema de leyes, teorías y modelos. No fue hasta mediado del siglo XX que la conexión entre ellas devino en la unificación de la Meteorología como Ciencia Física Aplicada, íntimamente ligado al desarrollo de la Computación y la

Informática y es a partir de lo cual la Matemática se hace esencial en la Meteorología. Esta esencialidad de la Matemática en la formación profesional del meteorólogo se debe garantizar a través del proceso de enseñanza-aprendizaje durante toda la carrera y con especificidades durante los diferentes años académicos.

Este trabajo trata de las experiencias obtenidas durante el proceso de integración interdisciplinaria a lo largo de los dos primeros semestres del 1er. año de la carrera durante el curso académico 2010-2011. Persigue el objetivo de mostrar, desde la perspectiva de las asignaturas Cálculo y Geometría I y II, la estrategia pedagógica emprendida por el colectivo de profesores de 1er. año para diseñar el sistema de acciones didácticas que ha sido denominado *Proyecto Interdisciplinario Integrado*. Éste tiene como eje rector la interdisciplinariedad y como metodología la formación académica por competencias identificadas en la llamada *Disciplina Integradora Servicio Meteorológico y Proyecto*. Se ilustran algunos ejemplos de evaluaciones finales integradas, integradoras e integrativas tal y como son identificadas y diferenciadas por algunas asociaciones de Calidad Educativa, como es el caso de la Dirección Nacional de Información y Evaluación de la Calidad Educativa de Argentina. (DINECE, 2005)

### **La Disciplina Matemática en Licenciatura en Meteorología**

La formación del meteorólogo debe seguir los estándares orientadores de la OMM, acrónimo de la Organización Meteorológica Mundial, órgano rector de la Meteorología a nivel mundial. En la Cuarta Edición de la directriz OMM-No. 258 se hace énfasis en que la Matemática, la Física y la Química en este campo profesional:

...exigen algo distintivo y significativo que las diferencian entre el estudio de ciencias atmosféricas y el estudio común de física o química, donde más a menudo el foco se centra en procesos individuales, para revelar las características fundamentales de la materia”. Y añade que “el estudio de ciencias atmosféricas concierne a un sistema grande y complejo” y que “los efectos y las interacciones no pueden ser completamente comprendidas si son consideradas separadamente de su ambiente y que el objetivo final es entender, no sólo cualitativa sino también cuantitativamente, el funcionamiento coherente del sistema como un todo (OMM -258, 2001, p. 28).

Debido a lo anterior es por ello que, en el nuevo Plan de Estudios D de la Carrera de Licenciatura en Meteorología en Cuba y en especial en la sección de la Disciplina Matemática se declara:

Independientemente del área de actuación en el cual a posteriori se desarrolle el futuro meteorólogo deberá, durante su formación de pregrado, desarrollar un conjunto de habilidades que exigen de esta Disciplina Matemática su distintiva doble funcionalidad: (1) Su utilidad en el ámbito laboral del meteorólogo, tanto de aquellos que se enrumben en las actividades profesionales más cercanas al Servicio Meteorológico, la Predicción del Tiempo y el Clima y el diseño de sistemas de apoyo a las decisiones, como aquellos que desarrollen un perfil investigativo asociado a la modelación/simulación de los procesos físicos del complejo sistema océano-atmósfera-tierra. (2) Por su contribución a la formación intelectual general, en concreto las destrezas susceptibles de ser utilizadas en una amplia gama de casos particulares, y que contribuyen, por sí mismas, a potenciar capacidades cognitivas de los individuos.[...] El propio objeto de aprendizaje matemático deberá permitir el desarrollo de la capacidad para utilizar distintas formas de pensamiento matemático, con los *objetivos* de: (1) Interpretar y describir la realidad y actuar sobre ella, (2) Razonar matemáticamente. (3) Comprender una argumentación matemática. (4) Expresarse y comunicarse en el lenguaje matemático. (5) Utilizar las herramientas matemáticas adecuadas. (6) Integrar el conocimiento matemático con otros tipos de conocimientos. (CubAMES, 2011, p.83)

Es importante que desde el 1er. año se apliquen de manera creadora estos preceptos y se concreten en acciones didácticas bien definidas y comunicadas a los alumnos lo cual es el objetivo del Proyecto Interdisciplinario Integrado.

### **Antecedentes del Proyecto Interdisciplinario Integrado**

Identificados de manera particular con otros autores en aquellos temas más vinculados con la interdisciplinariedad a través de los *nodos cognitivos*, el *aprendizaje significativo* y la *resolución de problemas* (Hernández, 1995) (Delgado, 1999) (Fernández de Alaiza, 2000) los autores de este trabajo se inspiran además en las experiencias obtenidas en siete años de intenso trabajo en el seno del Departamento Docente de Meteorología del InSTEC:

- ❖ Articulación vertical y horizontal de las asignaturas de las disciplinas básicas y las básicas-específicas. (García, 2005) (Codorníu, Domínguez y García, 2009) (García, López, Heredia, Codorníu, Augier y del Valle, 2011)

- ❖ Uso de los asistentes matemáticos -MATHCAD y DERIVE- a través de Laboratorios de Computación en asignaturas de la Disciplina Matemática y de Física General, tanto individuales como integradas como tareas extraclase. (Augier, 2007) (García et.al., 2011).
- ❖ Uso de las Tecnologías Educativas, espacios de trabajo colaborativo (Entorno Virtual de Aprendizaje de una Red LAN llamada “VirtualMET”) y evaluaciones finales integradoras garantizaron un enfoque sistémico del currículo en cuatro asignaturas en el 2do. Semestre de 2do. Año: Ecuaciones Diferenciales, Laboratorio y Análisis Sinóptico e Idioma Inglés con Fines Específicos. (García et.al., 2011)

Consideran además los autores que, aún cuando de manera independiente puede lograrse la articulación de contenidos y su vínculo con la especialidad con relativo éxito, no podrá lograrse integración interdisciplinaria efectiva si el colectivo de docentes no diseña y ejecuta en conjunto y coordinadamente *acciones didácticas* con enfoque de sistema. Es por tanto menester contar con una plataforma de trabajo de los docentes en el cual de manera dinámica, en un mismo semestre y/o curso académico, organicen, diseñen, controlen y modifiquen el sistema de acciones didácticas. El nuevo Plan de Estudios D concibe la disciplina integradora y para ello la presencia en cada semestre y año de una asignatura de esta disciplina. En el caso de la carrera de Meteorología esta es la Disciplina Integradora Servicio Meteorológico y Proyectos, que como eje rector garantiza el requerido vínculo con la especialidad. (Cuba-MES, 2011)

La manera de lograr esta integración interdisciplinaria a nivel de cada semestre ha sido denominado por los autores: *Proyecto Interdisciplinario Integrado*, el cual ha sido el objetivo central de este trabajo.

### **El Proyecto Interdisciplinario Integrado: un ejemplo en 1er. Año de la carrera**

Los autores conciben el *Proyecto Interdisciplinario Integrado* como un proceso, un proceso que dura todo el semestre y consta de cuatro fases para el diseño, ejecución y control de un sistema de acciones didácticas.

Las acciones didácticas se proyectan coordinadamente en un plan calendario integrado en el que se vela por la articulación de los contenidos seleccionados (tanto espacial como temporalmente), la coherencia en el tratamiento de los temas, un cuidadoso tratamiento de los puntos de encuentro, evitando repeticiones innecesarias y con un eminente carácter educativo a través de lo instructivo. Culmina con la evaluación final - integral, integrada, integradora - a través de diversas formas organizativas como clases seminarios. En la Tabla I se agrupan las principales componentes de este proceso incluyendo la naturaleza principal de la evaluación seleccionada.

Tabla I: Etapas en el Proyecto Interdisciplinario Integrado.

No.	Objetivo	Objetos componentes	Naturaleza del acto evaluativo
1	Identificar	Objetivos del Año	integrales
		Contenidos, habilidades, competencias	interconectadas
		Ejercicios, problemas, proyecto investigativo	de “encuentro ” de interés de la especialidad.
2	Diseñar	Sistema de acciones didácticas	integrativas
		Guías de estudio	integradoras
		Sistema de evaluación	integrada
3	Controlar	Cortes evaluativos	integrales
4	Evaluar	Seminarios y Encuentros	integrativos
		Tarea Extraclase y/o Proyecto de Curso	integrados
		Examen Final	preguntas integradoras

Una aplicación en el 1er. año del curso académico 2010-2011

Se analizó la contribución de cada asignatura a los objetivos del año y a la asignatura de la Disciplina Integrador Servicio Meteorológico y Proyectos: Práctica de Familiarización. Las contribuciones se analizan desde la perspectivas de la *formación por competencias*: competencias transversales o genéricas (instrumentales, personales, sistémicas) y competencias específicas (cognitivas, procedimentales y actitudinales) precisando hasta el nivel tema en tres categorías confeccionándose una matriz de coincidencias seleccionándose aquellas que mayor relevancia y correlación manifestaron. (García et.al., 2011)

Se promovió, para la solución de las tareas, el *Método de los Cuatro Pasos de Polya* (Polya, 1965) y las tareas en el Laboratorio con los Asistentes Matemáticos tuvieron una doble funcionalidad: ejercicios anteriores al contenido y problemas posteriores al mismo. Los trabajos en equipo requirieron de un informe técnico a entregar con anterioridad al acto de defensa ante Tribunal. Todas las tareas docentes tienen una Guía de Estudio confeccionada que promueve la autoformación.

La relación disciplinar se organizó de manera explícita en el conjunto de tareas docentes de tipo: (a) aplicaciones de interés matemático complementario a lo teórico en problemas y/o situaciones que destaquen contenidos esenciales genéricos y las bases de su implementación algorítmica. (b) aplicaciones relacionadas con la Física General y la Física de la Atmósfera, (c) aplicaciones al ejercicio de la profesión, procesamiento de la data meteorológica y la formación en Modelación y Simulación. No se evadió en ningún momento y cuando así se requiera, temas a tratar que puedan estar en asignaturas que se desarrollarán *a posteriori* como Ecuaciones

Diferenciales Ordinarias, temas de Modelación Lineal, y algunos Métodos Aproximados vinculados. En las Tablas II y III se ilustran las tareas docentes en Física y de la especialidad respectivamente.

Tabla II: Ejemplos de tareas docentes (b) y (c) articuladas con la Disciplina Física.

	FENÓMENO/PROCESO	CONTENIDOS Cálculo y Geometría I	OBSERVACIONES
<b>FÍSICA</b>	MOVIMIENTO CURVILÍNEO EN 2D <sup>(b)</sup>		
	Velocidad y rapidez. Aceleración. Trayectoria.	Función Real de una Variable. Función vectorial. Curva. Ecuación paramétrica de una curva. Derivada de una función escalar. Derivada de un vector.	Clase Práctica Seminario Evaluaciones parciales y finales
	Cinemática: problema directo e inverso problem	Integral indefinida. Constantes de integración. Integral definida. Arco de una curva.	
	Dinámica: fuerzas y ecuación del movimiento.	Ecuaciones diferenciales ordinarias sencillas y su solución.	
	FENÓMENO/PROCESO	CONTENIDOS Cálculo y Geometría II	OBSERVACIONES
	MOVIMIENTO CURVILÍNEO EN 3D <sup>(b)</sup>		
	Leyes de Kepler. Fuerzas centrales. Campo conservativo.	Movimiento Elíptico. Curvas integrales. Integrales dobles. Integral de Línea.	Taller
	PROCESOS TERMODINÁMICOS <sup>(b)</sup>		
Ecuación de los Gases. Experimentos. Procesos.	Funciones reales de varias variables. Derivada y diferencial. Tasas de cambio relacionadas. Área bajo la curva y área entre curvas de un gráfico.	Clase Práctica Seminario Evaluaciones parciales y finales	

Con la Disciplina Integradora la integración logra tanto directamente con la Práctica de Familiarización que “consolidará los conocimientos adquiridos en las asignaturas Instrumentos Meteorológicos y Métodos de Observación I y II” (Cuba-MES, 2011, p.143) como con los aspectos del Tratamiento de Datos y la Teoría de Errores dentro de estas dos asignaturas que perteneciendo a la Disciplina Ciencias Atmosféricas y Afines, tributan de manera directa a ella.

El enunciado de las tareas docentes, en sus diferentes formatos: problemas, tareas de Laboratorio, proyectos investigativos, etc. por motivos de espacio, lamentablemente no pueden mostrarse en este artículo. En todos los casos se incentiva el proceso de *metacognición* o de reflexión sobre los propios aprendizajes y que éstos sean además, *aprendizajes significativos*. (Delgado, 1999)

Tabla III: Ejemplos de tareas docentes (b) y (c) articuladas con la Disciplina Integradora.

<b>INSTRUMENTOS METEOROLÓGICOS Y MÉTODOS DE OBSERVACIÓN PRÁCTICA DE FAMILIARIZACIÓN</b>	<b>FENÓMENO/PROCESO</b>	<b>CONTENIDOS Cálculo &amp; Geometría I</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
	HURACÁN <sup>(c)</sup>		
	Fórmula de Fletcher. Ecuación de Hughes.	Límite y continuidad de una función. Derivada de una función.	Clase Práctica Tarea Extraclase
	MAPEO DE CAMPOS ESCALARES Y VECTORIALES <sup>(a)</sup>		
	Isolíneas y tipos. Isotermas, isobaras, isoyetas, isohipsias. Perfil de velocidades. Líneas de flujo. Campo de gradiente.	Campos escalares. Curvas de nivel. Isolíneas. Campos vectoriales. Líneas vectoriales. Campo de direcciones. Derivada direccional. Vector Gradiente. Ortogonalidad.	Laboratorio Seminario Evaluaciones parciales y finales
	<b>FENÓMENO/PROCESO</b>	<b>CONTENIDOS Cálculo &amp; Geometría II</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
	TRABAJO SOBRE MAPAS <sup>(a)</sup>		
	Superficies de nivel y proyecciones. Curvas de nivel. Campo gradiente sobre la superficie y sobre el plano.	Representación de proyecciones de superficies, superficies de nivel y curvas de nivel. Ortogonalidad de curvas. Mapeo de isoclinas y campo direccional dado $y' = r(x, y)$ Mapeo de campo vectorial y familia de pendientes dado $\vec{V} = [u, v]$ .	Laboratorio Ejercicios Informe final Evaluaciones parciales y finales
	SENSACIÓN TÉRMICA <sup>(c)</sup>		
	Tabla WTC como función. Coeficiente de intercambio térmico y su derivada. Errores absoluto y relativo.	Diseño de experimentos. Tratamiento de datos. Tasa de cambio. Extremos de una función. Diferencial. Incremento finito. Error absoluto y error relativo.	Seminario Problema Evaluaciones parciales y finales
MAPA SINÓPTICO <sup>(c)</sup>			
Área entre isobaras. Gradiente de presión. Tendencias de isobaras. Código FM-12 SYNOP	Integral definida. Arco de una curva Área entre curvas. Mapeo de isolíneas.	Clase Práctica Problemas Evaluaciones parciales y finales	

### Conclusiones

El Proyecto Interdisciplinario Integrado ha contribuido a “disminuir la separación entre el currículum pensado y currículum vivido” (Fernández de Alaiza, 2000). Concebido como plataforma

de trabajo, el Proyecto Interdisciplinario Integrado del 1er. Año 2010-2011 en el InSTEC, ha aumentado la eficiencia y la eficacia del trabajo metodológico del colectivo de año, la motivación de los docentes, una armónica integración de las acciones didácticas, mejor orientación a los alumnos y un mejor desempeño docente de los mismos.

### Referencias bibliográficas

- Augier A. (2007). Curso paralelo del Mathcad como auxiliar en asignaturas de perfil matemático. *Memorias en CD ROM de la Convención Internacional de Informática -2007. InfoRedu*. Febrero de 2007, La Habana. Cuba.
- Codorníu M.J., Domínguez, A. y García A. (2009). Currículo de Física General en la carrera de Meteorología en Cuba: algunas ideas básicas. *Memorias en CD ROM del IX Taller Internacional sobre la Enseñanza de la Física en la Ingeniería EFING'2010. XV Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura*. 29 noviembre-3 de diciembre del 2010. La Habana. Cuba.
- Cuba-MES. (2011). *Planes del Proceso Docente. Modalidad Presencial y Semipresencial. Carrera de Licenciatura en Meteorología*. Ministerio de Educación Superior. República de Cuba. Editorial "Félix Varela".
- Delgado, J.R. (1999). *La enseñanza de la resolución de problemas matemáticos. Dos elementos fundamentales para lograr su eficacia: la estructuración sistémica del contenido de estudio y el desarrollo de las habilidades generales matemáticas*. Tesis de Doctorado en Ciencias Pedagógicas no publicada, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría". Cuba.
- DINECE. (2005). Resolución N° 233 del 10-2-2005. Dirección Nacional de Información y Evaluación de la Calidad Educativa. Consejo Federal de Cultura y Educación. Argentina.
- Fernández de Alaiza, B. (2000). *La interdisciplinariedad como base de una estrategia para el perfeccionamiento del diseño curricular de una carrera de ciencias técnicas y su aplicación a la Ingeniería en Automática en la República de Cuba*. Tesis de Doctorado en Ciencias Pedagógicas no publicada, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", Cuba.
- García, A. (2005). INFOCIENCIAS: propuesta metodológica para la integración de las Ciencias Básicas. *Memorias en CD ROM. Convención Internacional de Informática – 2005*. Febrero del 2011. Ciudad de La Habana. Cuba.
- García, A., López, M., Heredia, H, E., Codorníu M.J., Augier A. y del Valle, G. (2011). VirtualMET: Tecnologías Educativas para un Proyecto Interdisciplinario Integrado en el cuarto semestre de la carrera de Meteorología. *Memorias en CD ROM del XIV Congreso*



*Internacional de Informática en la Educación. Convención Internacional de Informática'2011.*  
Ciudad de La Habana. Cuba.

Hernández, H. (1995). Nodos cognitivos: recurso eficiente para el pensamiento matemático.  
Conferencia Magistral RELME-9, La Habana, 1995.

OMM-258. (2001). La enseñanza y formación profesional del personal en meteorología e  
hidrología operativa. Directivas de orientación. En I. F. Draghici, G. V. Necco, R. W.  
Riddaway, J. T. Snow, C. Billard, L. A. Ogallo (Eds), *Meteorología 1*, 1-143

Polya, George. (1965). *Cómo plantear y resolver problemas*. México: Editorial Trillas.