

TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA EN ASIGNATURAS DE FÍSICA BÁSICA UNIVERSITARIA: EL CASO DE LA *FÍSICA-PARA-NO-FÍSICOS*

MILICIC¹, BEATRIZ; UTGES², GRACIELA y SANJOSÉ LÓPEZ³, VICENTE

¹ Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Lisandro de la Torre 1070, 9400 Río Gallegos, Argentina.

² Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Ingeniería, Pellegrini 250, 2000 Rosario, Argentina.

³ Universitat de València, Depto. Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Alcalde Reig 8, 46009 Valencia, España.

Palabras clave: Diseño curricular; Física básica universitaria; Transposición didáctica; Física para no físicos.

INTRODUCCIÓN: FÍSICA PARA NO FÍSICOS Y DILEMAS DE LOS PROFESORES

Numerosas carreras universitarias en Argentina incluyen Física dentro de sus planes de estudio. En algunas esta disciplina es central, básica, como en muchas licenciaturas en ciencias, como Física o Química, y en la mayoría de las *carreras de Ingeniería* - Mecánica, Electrónica, Electricista, Civil. En estos casos se imparte una Física General implementada en varios cursos. Una amplia gama de libros de texto, empleados internacionalmente, sirven de guía para el diseño curricular de las asignaturas. Los profesores son físicos o ingenieros, quienes cursaron asignaturas similares como estudiantes, lo que hace que posean normas claras y criterios de actuación ampliamente aceptados sobre qué y cómo enseñar y evaluar.

En otras carreras, sin embargo, la Física cumple un rol instrumental – *Física para no físicos*– como sucede en Medicina, Biología o Arquitectura. En las carreras de orientación *biomédica* existe un enfoque tradicional - *Física para ciencias de la vida*- que desarrolla una Física General, usualmente de un año, con aplicaciones a la Fisiología. Pero en carreras como Arquitectura, Arqueología, Biología o Ingeniería Agrónoma no hay estándares o tradiciones bien establecidas. Los profesores suelen ser físicos o ingenieros, que reproducen modelos propios de carreras de *ciencias e ingeniería*, encontrando numerosos problemas, tales como rechazo de los estudiantes, menosprecio más o menos explícito de los profesionales propios de la carrera, alto índice de suspensos y abandonos, generándoles frecuentemente frustraciones, inseguridades y dilemas.

En un trabajo empírico exploratorio (Milicic, 2001), entrevistamos profesores de *Física para no físicos* y agrupamos sus concepciones sobre la Física en 4 categorías: a) quienes consideran que "*la Física es una sola*", y debe implementarse igual en todas las carreras y suelen atribuir los problemas percibidos a causas externas, b) quienes desean reorientar su trabajo, pero se sienten inseguros y no encuentran la forma de hacerlo, c) quienes adaptan el programa agregando ejemplos y temas relacionados con la carrera sin introducir cambios profundos, d) quienes realizan una fuerte reconceptualización y reorientan la asignatura en función de la carrera.

¿Cuáles son los orígenes de estas concepciones? ¿Cómo influyen estas concepciones en las asignaturas que se imparten? ¿Qué factores determinan que el profesor esté dispuesto a resignificar en mayor o menor grado los contenidos para adecuarlos a la carrera?

Nuestro interés por estas cuestiones nos llevó a profundizar la investigación considerando, en diferentes estudios de caso, las conexiones causales entre el diseño de la asignatura que finalmente los profesores enseñan y evalúan (aspectos transpositivos), las razones por las que lo deciden y justifican, y los dilemas que vivencian en el proceso (Milicic, 2004).

MARCO TEÓRICO: CULTURA, PENSAMIENTO Y ACCIÓN DEL PROFESOR

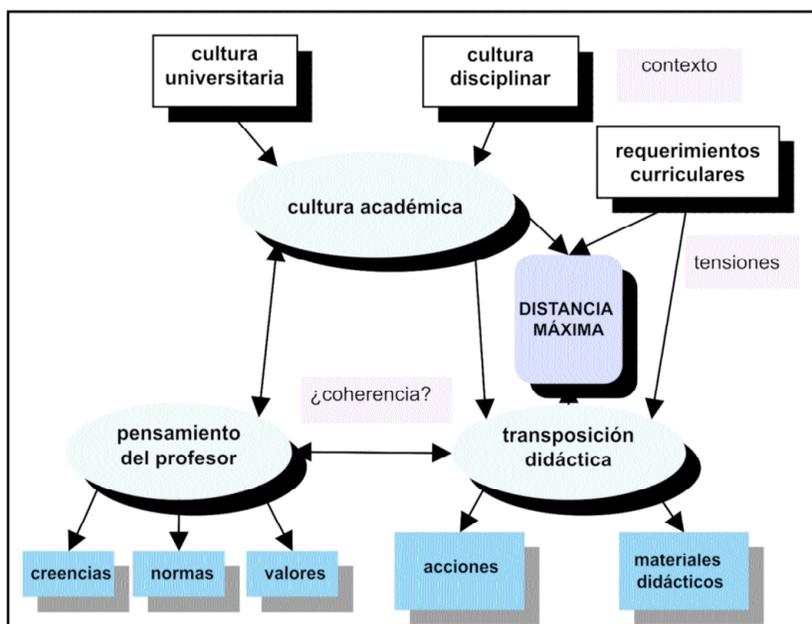
El profesor universitario se encuentra inmerso en una cultura académica, que implica la aceptación y conformación de la conducta a un conjunto específico de pautas, valores y creencias que reflejan una determinada percepción de la realidad, caracterizando y dando sentido a una forma de vida, conformando una *cultura universitaria*. En cada comunidad académica, la cultura académica se va gestando de una manera particular, adquiriendo características propias, compartidas por sus miembros. Las mismas poseen además características particulares, propias de la titulación. Nuestra hipótesis es que el pensamiento del profesor está afectado por la *cultura académica*. El profesor puede interactuar con diferentes *culturas académicas*, pero su *identidad cultural* (Välilmaa, 1998) suele estar asociada a una de ellas -cultura de origen- que condiciona sus concepciones epistemológicas, profesionales y didácticas, y sus criterios de actuación. Cuando el profesor cambia de ámbito, como suele ser el caso en la enseñanza de asignaturas de *Física para no físicos*, se inserta en una cultura que le es ajena -cultura de destino-, con pautas, valores y actitudes diferentes. En general, siente inseguridad al comprobar que sus esquemas fracasan al ser aplicados en otros contextos. El contacto con la nueva cultura académica puede llevarlo a cambiar sus concepciones respecto a la enseñanza de la disciplina.

La *cultura académica* se evidencia a través de normas, creencias y valores que pueden ser investigados estudiando el *pensamiento del profesor*, sus acciones y producciones materiales. Una de las producciones materiales observables y de mayor interés es el diseño de la asignatura que finalmente el profesor enseña y evalúa, así como las razones por las que decide y justifica dicho diseño. Esto último puede ser analizado a través del proceso de la *transposición didáctica* (Chevallard, 1998), es decir la *transformación de los saberes* propuesta por la institución: los contenidos que se enseñan en el aula son una *transformación* del saber original: el conocimiento disciplinar que surge en el seno de la comunidad científica (saber sabio) se transforma en un conocimiento enseñado en las aulas (*saber enseñado*), existiendo una *distancia sistemática* entre ambos saberes. Este proceso requiere una *descontextualización* y una *recontextualización* de los saberes para adecuarlos a las condiciones particulares del funcionamiento escolar, como *ámbitos de reproducción* del conocimiento en las sociedades.

La *transposición didáctica* refleja las tensiones que existen entre la *cultura académica* del profesor y los requerimientos curriculares establecidos, ya que, para Chevallard, en algunos casos, el *saber enseñado* puede considerarse casi como una caricatura del saber sabio. Esto hace que el profesor deba ejercer *vigilancia epistemológica*: si la *distancia* entre ambos es demasiado grande, puede ocurrir una *ruptura epistemológica*. Esta *distancia* es una de las mayores preocupaciones de los profesores de las asignaturas de *Física para no físicos*: ¿hasta dónde se pueden transformar los saberes, en función de un contexto determinado, sin que ocurra una *ruptura epistemológica*?

Nos interesa comprender la influencia de la *cultura académica* de los profesores en la flexibilización de esa *distancia*, en función del *contexto* en el que deben actuar y de su *identidad académica*. Esta identidad se refleja en un conjunto de ideas irrenunciables, las que hacen referencia al conjunto mínimo de saberes que todo miembro de una cultura debe conocer para ser admitido (concepto de *buen físico*), y aquellas inherentes al concepto de *buen profesor*. A partir de estos dos grupos de ideas el profesor establece el límite en donde concibe el punto de *ruptura epistemológica*.

Este marco teórico puede resumirse en el siguiente modelo:



METODOLOGÍA

El diseño de la investigación es cualitativo, basado en estudios de caso. En el presente trabajo nos centramos en el *saber a enseñar* determinado en los requerimientos curriculares propios de la *cultura de destino*, y el *saber enseñado*, llevado a cabo efectivamente por el profesor en el aula. Los datos se construyeron a partir de las siguientes fuentes: *saber institucional*: planes de estudio, entrevistas a profesores de la carrera y otra documentación oficial de la facultad; *saber a enseñar*: programa de la asignatura, apuntes teóricos, guías de trabajos prácticos, entrevistas a los profesores del equipo de cátedra y cualquier otra documentación disponible; *saber enseñado*: observaciones de clase y carpetas de alumnos; *saber evaluado*: evaluaciones parciales y finales. En cada caso se observaron las clases teóricas, de resolución de problemas y de laboratorio correspondientes a una unidad. Se tuvo la precaución de observar el mismo tema en todos los casos que esto era posible.

La codificación surgió a partir de la información recolectada. Se cuidó de obtener códigos lo más generales posibles de manera de que pudieran ser comunes para todos los casos. Para asegurar la fiabilidad de las interpretaciones, se recurrió a la triangulación de fuentes de recolección de datos y de investigadores que triangularon tanto la construcción de los datos como los análisis e interpretaciones posteriores.

TRANSPOSICIÓN DIDÁCTICA: ANÁLISIS DE LOS DISEÑOS CURRICULARES

Los casos seleccionados consideran cuatro asignaturas de las denominadas *Física para no físicos*, que poseen características paradigmáticas de cada una de las categorías encontradas, mencionadas en la Introducción, y una de las *carreras de ingeniería*. Las Tablas siguientes destacan los rasgos básicos de cada caso, su contexto y las características generales de cada proceso de *transposición didáctica*.

En la asignatura de las *carreras de ingeniería*, los profesores no se permiten transformar el saber sabio. Es muy importante el rigor formal, el análisis conceptual y la explicitación de modelos, aún cuando los alumnos no posean, a veces, la base necesaria para comprenderlos.

Física Aplicada, de Ingeniería en Recursos Naturales está organizada en dos módulos consecutivos a cargo de diferentes profesores. En el 1º módulo la orientación es desde la disciplina, no se resignan los desarrollos

Ingeniería	Ing. Rec.Naturales	Fisioterapia	Ing. Agrónomo	Arquitectura
CASOS SELECCIONADOS: CARACTERÍSTICAS Y CONTEXTO				
Saber de referencia	El profesor considera que debe cambiar la asignatura pero no sabe cómo	El profesor piensa que debe implementar la asignatura como en las carreras de ingeniería	El jefe de cátedra piensa que está orientada hacia la carrera	El equipo de cátedra sostiene que la asignatura debe estar orientada hacia la carrera
Asignatura: Física II Carrera: Ciclo básico común en ingenierías	Asignatura: Física Aplicada Carrera: Ingeniería en Recursos Naturales	Asignatura: Biofísica Carrera: Fisioterapia	Asignatura: Física Carrera: Ingeniería Agrónoma	Asignatura: Taller de Física I Carrera: Arquitectura
Numerosos alumnos, muchas comisiones, equipos de cátedra numerosos	Pocos alumnos Una comisión Dos profesores, uno a cargo de cada módulo	Muchos alumnos Muchas comisiones Un profesor	Numerosos alumnos, muchas comisiones, equipos de cátedra numerosos	Numerosos alumnos, muchas comisiones, equipos de cátedra numerosos
Facultad tradicional	Facultad nueva, periférica	Facultad nueva, con prestigio	Facultad tradicional	Facultad tradicional
Los profesores no toman en cuenta sugerencias de las carreras	La Facultad no interviene	La Facultad impone fuertes presiones para que sea orientada desde la Física Médica	La Facultad no tiene en claro el objetivo de la asignatura	La Facultad impone fuertes presiones para que se oriente desde el proyecto arquitectónico

matemáticos, por lo cual el profesor explica temas de Matemáticas que los alumnos aún no han visto. No se explicitan modelos y en la resolución de problemas se emplean expresiones más sencillas. La bibliografía es la usual para *ciencias e ingeniería*. En el 2º módulo la *distancia* admitida es bastante mayor: se emplean contenidos y desarrollos en función de los requisitos de la carrera y la evaluación incluye la formulación de un proyecto tecnológico. La bibliografía utilizada es propia de asignaturas específicas de ingeniería.

En Fisioterapia e Ingeniería Agrónoma, si bien los contenidos corresponden a una Física General, se establece cierta *distancia*, ya que se incluyen temas específicos para la carrera, se presentan desarrollos matemáticos sencillos, y los problemas son de resolución mecánica. En Fisioterapia no se resigna el análisis conceptual y se agregan ejemplos significativos orientados hacia la carrera orientados hacia la carrera, respetando los requerimientos de la facultad. Se emplea bibliografía *para ciencias de la vida*. En Ingeniería Agrónoma se hace una enumeración de todos los conceptos y se incluyen ejemplos anecdóticos desde la carrera, la bibliografía es *para ciencias e ingeniería*, pero se escogió un libro con menor requerimiento matemático que los usuales. En Arquitectura la distancia es máxima: se han resignificado los contenidos y las actividades en función de la carrera y no presentan desarrollos matemáticos; esto ha dado lugar a una *ruptura epistemológica*. Sin embargo, otorgan gran importancia a la explicitación de modelos y al análisis conceptual, características del *saber de referencia*. Como requisito de aprobación, los alumnos formulan un proyecto arquitectónico en el que incluyen análisis de variables físicas estudiadas en la asignatura. Debido a que en el país no hay disponibilidad de textos con esta orientación, el equipo de cátedra preparó bibliografía específica.

DISCUSIÓN

En los casos estudiados se perciben distintos criterios de los profesores para evitar la *ruptura epistemológica*. Se observan diferentes *distancias máximas* permitidas en el *saber enseñado* en la *cultura de destino* respecto del *saber de referencia*: en algunos no se resignan los desarrollos matemáticos y en otros, la profundidad conceptual. Encontramos profesores cuya concepción respecto de qué es “enseñar Física” les impide apartarse del diseño propio de la Física *para las ciencias e ingeniería*, no se plantean el adecuar la asignatura a la carrera en que se inserta ni adecuar los contenidos para hacerlos accesibles a los alumnos. En las *carreras de ingeniería* ni siquiera se imparten los contenidos tradicionales para estas carreras, sino aquellos que son propios de una licenciatura en Física. Estos planteos llevan a altas tasas de abandonos y suspensos. En Arquitectura, en cambio, los profesores conscientemente han obviado la *vigilancia epistemológica* para transformarla y adecuarla. Ha sido un proceso largo, consciente de innovación pedagógica, en el que los profesores han hecho un gran esfuerzo para apartarse de los parámetros que se consideran propios para “impartir una buena Física Básica”.

Ingeniería	Ing. Rec.Naturales	Fisioterapia	Ing. Agrónoma	Arquitectura
SABER INSTITUCIONAL				
Ciclo básico	Tecnología básica	Disciplina médica básica	Ciclo básico	Ciclo básico
Troncal para toda la carrera	Necesaria para cursar pocas asignaturas	Troncal para el área de Kinesiología	Necesaria para cursar pocas asignaturas	Troncal para el área de Materialidad
Sólida formación básica	Formación instrumental	Formación instrumental	Formación instrumental	Formación instrumental
Orientar los contenidos hacia cada una de las carreras	Orientar los contenidos al clima y al riego	Orientar los contenidos hacia la Kinesiología y la Biomecánica	Fundamentos de Mecánica, Mecánica de fluidos y Termodinámica	Orientados hacia las propiedades de los materiales y estructuras
SABER A ENSEÑAR				
Termodinámica Perspectiva microscópica	Dos módulos: 1º Introducción a la Mecánica 2º Mecánica de los Fluidos	Física General con aplicaciones	Física General con aplicaciones	Resignificación de contenidos desde la Arquitectura
Bibliografía con mayor nivel que el usual en estas carreras	Bibliografía: 1º Usual en carreras de ingeniería / 2º usual en tecnologías	Bibliografía usual para ciencias de la vida	Bibliografía usual para carreras de ingeniería y ciencias de la vida	Apuntes propios en función del diseño curricular
SABER ENSEÑADO				
Unidad observada: 2º Principio de la Termodinámica	Unidad observada: Cinemática	El principio 0 y 2º Principio de la Termodinámica	Termodinámica y Propiedades térmicas de la materia	Los fenómenos térmicos en las construcciones
Clases teóricas y prácticas No se hacen laboratorios por falta de equipamiento	Clases teóricas, prácticas y de laboratorio Laboratorio pautado oralmente	Clases teóricas y prácticas No se hacen laboratorios por falta de equipamiento	Clases teóricas, prácticas y de laboratorio Laboratorio pautado, con elementos de bajo costo	Clases teóricas y prácticas tipo taller Medición de niveles de iluminación y de ruidos
Énfasis en la discusión conceptual y explicitación de los modelos	Énfasis en desarrollos matemáticos y en datos	Énfasis en la discusión conceptual	Enumeración de los conceptos importantes. Breve discusión conceptual.	Énfasis en la discusión conceptual y explicitación de modelos
Desarrollos desde la disciplina formalmente correctos, pero fuera del alcance de los alumnos	Desarrollos matemáticos desde la disciplina, se introducen los temas si los alumnos no los conocen	Desarrollos matemáticos sencillos, explicados paso a paso	Desarrollos matemáticos sencillos, explicados paso a paso	No se incluyen desarrollos matemáticos
Ejemplos de la carrera mencionados superficialmente	Ejemplos desde la disciplina	Ejemplos significativos de la carrera	Ejemplos anecdóticos de la carrera	Ejemplos significativos de la carrera
Problemas complejos, orientados hacia resoluciones teóricas	Problemas simples de resolución mecánica 2ºMódulo formulación de un proyecto de riego	Problemas simples de resolución mecánica	Problemas simples de resolución mecánica	Problemas simples, orientados desde la carrera Formulación de un proyecto arquitectónico
SABER EVALUADO				
Desde la disciplina, con rigor formal Preguntas conceptuales y desarrollos teóricos	Problemas de resolución mecánica con situaciones desde la disciplina. Formulación de un proyecto de riego	Problemas de resolución mecánica, con expresiones matemáticas sencillas. Preguntas conceptuales desde la carrera	Problemas de resolución mecánica, con expresiones matemáticas sencillas desde la disciplina	Problemas sencillos, presentando situaciones típicas de diseño arquitectónico. Formulación de un proyecto arquitectónico

Hemos observado además que el equipo de cátedra y la *cultura de destino* juegan un papel fundamental en la respuesta de los profesores: en una *cultura de destino* donde se respete a la asignatura y si el equipo de cátedra está cohesionado y convencido de que la transformación es posible, se puede favorecer el proceso de inserción. Por otro lado, si la institución (*cultura de destino*) tiene claro el papel de la Física en la formación de los futuros profesionales, negociará con los profesores para que orienten la asignatura hacia lo que consideran que necesitan.

Las razones profundas por las que un profesor, dentro de un grupo académico, decide modificar sus planteamientos originales, aprendidos por un proceso de socialización profesional en la facultad de ciencias físicas o de ingeniería, son variados, subjetivos y difíciles de cuantificar. Muchos trabajos se han dedicado a la relación entre Pensamiento y Acción del profesor, pero queda la cuestión de cómo se modela, afecta y modifica el pensamiento del profesor que guía su acción. En un trabajo anterior (Milicic et al, 2004), desarrollamos otro aspecto de nuestro trabajo: el análisis del pensamiento de los profesores que participaron en los casos estudiados. A partir de dicho análisis y el de las *transposiciones didácticas*, pudimos corroborar que los profesores perciben problemas por estar inmersos en la *cultura de destino*. La forma en que responden y las atribuciones causales dependen del grado de inserción y de identificación con sus respectivas *culturas de origen y de destino*, reflejadas fuertemente en la transposición didáctica.

Desde nuestra perspectiva, si se quiere provocar un *cambio didáctico* en los profesores, es necesario atender a los factores que pueden modificar su pensamiento, es decir, atender a la *cultura académica* que sostiene su *identidad profesional* y contemplar el proceso de cambio como un *cambio cultural*.

BIBLIOGRAFÍA

- CHEVALLARD, Y.(1998) *La transposición didáctica. Del Saber Sabio al Saber Enseñado*, Buenos Aires: Aique
- MILICIC, B.; UTGES, G. y SANJOSÉ, V.(2001) Física para no físicos, ¿ contacto entre dos culturas? Córdoba: *Memorias del Encuentro Nacional de Profesores de Física*, pp.313-321
- MILICIC, B.; UTGES, G. y SANJOSÉ, V.(2004) Física para no físicos: vivencias de los profesores ante el cambio de ámbito. La Pampa: *Memorias del VI Simposio de Investigación en Enseñanza de la Física*, CD
- MILICIC, B. (2004) *La cultura profesional como condicionante de la adaptación de los profesores de Física universitaria en la enseñanza de la Física*. Tesis doctoral. Valencia: Universitat de València
- VÄLIMAA, J.(1998) Culture and identity in higher education research, *Higher Education*, 36, pp 119-138.