



Una comparación entre cursos de Física para estudiantes de Medicina y Biología utilizando diseños centrados en el profesor o en los estudiantes

Carola Hernández

Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia (c-hernan@uniandes.edu.co)

Chad Leidy

Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia (cleidy@uniandes.edu.co)

Juan Carlos Olarte

Politécnico Internacional, Bogotá, Colombia (jolarte@politecnicointernacional.edu.co)

Paola Valero

Universidad de Aalborg, Aalborg, Dinamarca (paola@learning.aau.dk)

Recibido: 18 de agosto de 2014 | Aceptado: 4 de diciembre de 2014 | Publicado en línea: 30 de diciembre de 2014

La mayoría de los currículos de física a nivel universitario han sido diseñados a partir del modelo brindado por el *Physical Science Study Committee* (PSSC), conformado en Estados Unidos a finales de la década de 1950, cuyo principal objetivo estaba centrado en asegurar la formación de la siguiente generación de físicos (Gunstone, 2004), y no necesariamente desarrollar un nivel general de conocimientos en física para diversos profesionales. Desde ese entonces, las ideas fundamentales de tal propuesta curricular universitaria se mantienen casi intactas. No obstante, en los últimos cincuenta años muchas otras disciplinas como la química, la biología y la medicina han hecho avances importantes basados en el uso de herramientas y procedimientos que provienen de la física y se recontextualizan en estas áreas.

En consecuencia, la física se ha convertido en un área fundamental en la formación básica y avanzada de nuevos científicos en diversas ramas de la ciencia. A pesar de necesitar conocerla dentro de sus disciplinas, pocos o ninguno de estos estudiantes quieren desarrollarse profesionalmente como físicos en el futuro. Su objetivo está orientado a darles sentido a los conocimientos y competencias básicos de la física, para poder recontextualizarlos de manera concreta en sus respectivas áreas de estudio. Esta situación genera un reto para los físicos que enseñan los cursos de ciclo básico de esta área para otras carreras, con relación a cuestionarse lo que significa para otros científicos aprender y aplicar conceptos de esta ciencia y cómo lograr un nivel de competencia adecuado en períodos restringidos a dos semestres.

La Universidad de los Andes (Bogotá, Colombia) no es ajena a esta problemática. Durante varios semestres, algunos profesores del Departamento de Física hicieron notar las dificultades en los procesos de aprendizaje en los cursos de esta área que se ofrecían para estudiantes de Biología y Medicina, por ejemplo, que el número de estudiantes que se retiraban de los cursos o que los perdían era alto (entre 20% y 25%). De acuerdo con entrevistas llevadas a cabo con estos profesores, el problema de deserción y bajo desempeño se atribuyó a que los estudiantes se apoyaban fuertemente en procesos de memorización, más que en procesos de razonamiento sobre la formulación de estrategias para la resolución de problemas de física.

Por este motivo, este grupo de profesores acudió al Centro de Formación e Investigación en Educación –CIFE– de la Universidad de los Andes, para buscar ayuda en la implementación de algunos cambios en sus cursos que permitieran abordar estos problemas. Se generó, así, un interés compartido tanto por la administración del Departamento de Física como por los profesores y el CIFE de diseñar, implementar y evaluar una propuesta de reforma pedagógica. Para ello, se acordó hacer un experimento con nuevas pedagogías siguiendo dos cursos paralelos, con diseños distintos, dictados por el mismo profesor, para poder, así, distinguir de manera controlada los posibles beneficios de los cambios que se estaban implementando. El proceso de experimentación se seguiría con una investigación colaborativa entre investigadores en educación y los físicos involucrados.

En el primer semestre de la experimentación e investigación se evaluó la percepción general de los estudiantes concerniente a cursos de física universitaria tomados anteriormente. Se encontró que los estudiantes de Ciencias de la Vida consideraban que el curso de Física era de poca utilidad y pertinencia para su formación profesional (Hernández, Ravn y Forero, 2014). Adicionalmente, varios estudiantes se quejaban de dedicar mucho tiempo al curso sin obtener buenos resultados. Desde la perspectiva de los profesores, se encontró la percepción general de que los estudiantes dedicaban muy poco tiempo a la lectura previa a la clase y que desconocían el uso del tiempo empleado por los estudiantes en las actividades del curso. En consecuencia, durante el segundo semestre de 2010 se desarrollaron con simultaneidad dos diseños del mismo curso de Física: el primero seguía el diseño original propuesto por el Departamento de Física de la Universidad de los Andes, y el segundo introducía una adaptación del modelo de Aprendizaje Basado en Problemas y Organizado por Proyectos (PO-PBL).

El propósito de este artículo es presentar los resultados del estudio comparativo entre ambos cursos, de modo que se puedan identificar las diferencias entre la implementación de los diseños con relación a tres aspectos: 1) las dinámicas de aprendizaje que se observan entre los estudiantes en cada propuesta; 2) los niveles de logro alcanzados por éstos y los tipos de aprendizajes que se evidencian, y 3) la percepción de los estudiantes sobre la pertinencia del curso en su formación profesional. Para esto, la primera sección del artículo describe los diseños de los cursos de Física para Ciencias de la Vida y los modelos teóricos que los sustentan desde el campo pedagógico. La segunda sección presenta la metodología utilizada para recolectar y analizar los datos, y en la última se presentan y discuten los resultados obtenidos.

DISEÑO DE LOS CURSOS

El curso original, centrado en el profesor

Este modelo de curso dura quince semanas. En cada una de ellas se utilizan cinco horas de clase presencial y cuatro de trabajo autónomo por parte de los estudiantes. De las cinco horas de clase, tres son conferencias magistrales de una hora ofrecidas por uno de los profesores de planta del Departamento que tiene título de doctorado en Física. Estas conferencias se ofrecen a un grupo numeroso de estudiantes (entre 40 y 90) y no tienen un enfoque particular que tenga en cuenta el perfil profesional de los mismos, es decir, la conferencia bien podría dirigirse a estudiantes de Física. En ellas, el profesor ofrece una presentación de los contenidos del curso, realiza algunos ejercicios de ejemplo y resuelve las preguntas que surgen de los estudiantes. El programa del curso incluye el material que se aborda en cada conferencia magistral con base en un texto guía estándar de física introductoria para científicos, como lo es el de Serway y Jewett (2005), y los contenidos corresponden a los temas de mecánica clásica que se enseñan en un curso de Física 1. Los estudiantes deben leer el material antes de la clase para poder interactuar con el profesor a través de preguntas.

Las otras dos horas, llamadas sesión de problemas, están a cargo de un profesor asistente (normalmente, un estudiante de la maestría en Física) y se realizan en grupos de máximo veinticinco estudiantes. Se espera que éstos hayan intentado solucionar por su cuenta los ejercicios asignados del texto guía, y que en la sesión puedan discutir dificultades y observar cómo se resuelven los problemas del texto. En muchos casos, en este espacio se realizan pruebas escritas cortas o la entrega obligatoria de los ejercicios propuestos, para tratar de que los estudiantes se mantengan al día con los contenidos del curso.

La evaluación se realiza por medio de tres pruebas parciales escritas con ejercicios similares a los solucionados en la sesión de problemas, una calificación del trabajo realizado en dichas sesiones y un examen final, que comprende todos los temas del curso. Cada examen y la sesión de problemas tienen el mismo valor en puntos. Este tipo de evaluación se basa en que los estudiantes deben tener la capacidad de resolver en los exámenes problemas semejantes a los desarrollados durante las semanas de trabajo, bajo el supuesto de que a partir del entrenamiento en la resolución de problemas es posible lograr que los estudiantes transfieran la información pertinente para aplicarla a un nuevo problema (Ceberio, Guisasola y Almudí, 2008).

Este diseño de curso muestra una visión de la enseñanza centrada en el docente (Laurillard, 2002), donde el énfasis está localizado en cómo éste organiza y presenta el contenido del curso de manera estructurada, a fin de que sea más fácil para los estudiantes adquirir los conocimientos disciplinares. El aprendizaje se confirma cuando, a través del examen, los estudiantes pueden mostrar que transfieren los conocimientos adquiridos a la solución de problemas similares.

El nuevo diseño, centrado en los estudiantes

El diseño centrado en los estudiantes tuvo como inspiración la propuesta pedagógica de la Universidad de Aalborg que se conoce como PO-PBL: Aprendizaje Basado en Problemas y Organizado por Proyectos, que tiene una docencia universitaria diferente al modelo de cátedra tradicional, focalizada en las explicaciones del profesor y que pone al estudiante como el centro del proceso de aprendizaje universitario (Kolmos, Fink y Krogh, 2004).

Diversos investigadores daneses (Enemark y Kjaersdam, 2009; Fink, 1999; Kolmos, 1996, 2004; Kolmos *et al.*, 2004; Ravn, 2008; Ravn y Valero, 2010) describen que para lograr este propósito, los estudiantes se involucran desde el primer semestre en el desarrollo de proyectos grupales que buscan delimitar un *problema* concreto de sus áreas de estudio, para proponer una solución disciplinar teórica, de desarrollo tecnológico o social. El *problema* determina la dirección del proceso de aprendizaje, y además pone énfasis en la formulación de preguntas como inicio de dicho proceso, en vez de respuestas. Curricularmente, se busca que los estudiantes inviertan la mitad del tiempo del semestre en cursos y la otra mitad en el desarrollo de un proyecto (Enemark y Kjaersdam, 2009; Kolmos *et al.*, 2004). La mitad de los cursos apoya el trabajo en el proyecto y la otra mitad brinda fundamentos teóricos en áreas que la profesión considera esenciales.

Laurillard (2002) describe que esta visión de la enseñanza se centra en facilitar a los estudiantes un proceso intenso de aprendizaje, en donde el profesor asume un doble rol: en primer lugar, es un diseñador de cursos y actividades que orienten al estudiante en su aprendizaje activo, y, en segundo lugar, es un acompañante que, a partir del diálogo permanente con éste, le ayuda a apropiarse de las herramientas y formas de pensar de la disciplina que está aprendiendo y en la cual desea volverse profesional. Esta interacción entre el profesor y los estudiantes permite a los involucrados, desde el principio, una participación legítima (Wenger, 1999) en las actividades propuestas, ya que abre la posibilidad de ser un miembro en potencia de esta comunidad disciplinar. En especial, si se considera que al involucrarse en estos proyectos de investigación, los estudiantes evidencian la complejidad de su futura profesión.

Considerando que el curso de Física para Ciencias de la Vida es en sí interdisciplinar, por cuanto estudiantes de Medicina y Biología pueden apropiarse de herramientas de la física para abordar problemas de sus disciplinas, el curso nuevo desarrollado por los profesores de Física de la Universidad de los Andes y el grupo del CIFE introdujo un proyecto donde los estudiantes organizados en grupos de tres miembros buscaban una situación problémica en su disciplina que se pudiera abordar desde la física, empleando modelos desde las leyes básicas estudiadas.

El propósito del proyecto fue involucrar a los estudiantes en un proceso complejo de negociación del significado de los conceptos de la física y de los procedimientos matemáticos con los cuales querían llevar a cabo la descripción del problema elegido, involucrando a los estudiantes en la expresión y el manejo de estos conceptos. Algunos ejemplos extraídos de los trabajos desarrollados por los grupos abordaron temas que van desde el análisis de la dinámica de salto alto de un deportista hasta el modelaje de la presión, debido al latido cardiaco, y la construcción de un prototipo del corazón para simularlo.

El proyecto tomó aproximadamente un 20% del tiempo total del curso, y el tiempo restante se redistribuyó pasando semanalmente a cuatro horas de clase presencial organizadas en bloques de dos horas, donde están presentes el profesor de planta, los estudiantes de maestría en su papel de asistentes del profesor y todos los estudiantes del curso. El curso tiene la misma duración que el del diseño original, es decir, quince semanas, y cubrió los mismos contenidos de mecánica clásica abordados en él. Durante el primer bloque se implementó la propuesta de *Peer Instruction* desarrollada por el físico Eric Mazur (1997). Allí se utilizan preguntas centradas en los conceptos para ayudar a negociar significados y a discutir profundamente la teoría. En un primer momento, los estudiantes abordaron las preguntas de manera individual, y luego pasaron a contrastar y discutir sus respuestas con sus compañeros, y por último, se discutieron en plenaria con el profesor, quien ofreció conclusiones sobre el problema presentado y discutió puntos centrales de la teoría.

En el segundo bloque se organizaron grupos para trabajar talleres más focalizados en el proceso de modelación matemática, pero introduciendo estrategias de resolución de problemas (Becerra Labra, Gras-Martí y Martínez-Torregrosa, 2005; Selçuk, Çalişkan y Erol, 2008) y solicitando al estudiante la descripción conceptual de la situación planteada antes de su abordaje matemático.

Ambas estrategias corresponden a propuestas de la enseñanza centrada en el estudiante, en donde los estudiantes, a través de su práctica, se apropian del lenguaje, de las maneras de razonar y de las formas de argumentar y enfrentar problemas propios de la comunidad de investigadores en física de la cual hacen parte los profesores expertos. Esta visión del aprendizaje de las ciencias se ha documentado recientemente como una posibilidad de entender la formación universitaria como un proceso de inmersión en las comunidades de conocimiento profesional (Roth, 2009).

En último lugar, Biggs y Tang (2007) plantean la importancia de diseñar cursos alineados, los cuales se caracterizan porque el profesor enuncia claramente lo que se espera que aprendan. Luego diseña actividades de clase a través de las cuales los estudiantes llevan a cabo estas acciones, y, por último, las evaluaciones del curso permiten al profesor juzgar qué tanto se han apropiado los estudiantes de lo que se espera en estas mismas tareas. Esta forma de trabajo motiva una evaluación más centrada en los procesos realizados y su significancia para la práctica de generalizar, argumentar y justificar en física, que en la memorización y transferencia de contenidos específicos.

En este caso, alinear el curso implicó incluir en la evaluación del mismo criterios para estimar la calidad del proyecto y dos cambios en las pruebas escritas: primero, además de los problemas usuales, se introdujeron preguntas abiertas donde se pudiera observar el manejo cualitativo de los conceptos, y segundo, se permitió a los estudiantes disponer de recursos como el libro y resúmenes durante las pruebas para construir su argumentación. Al tener preguntas abiertas y problemas diseñados específicamente para evidenciar el proceso que requería a los estudiantes poner en juego su apropiación de los conceptos y formas de argumentar y razonar, la presencia de materiales de apoyo no constituía ningún riesgo para la validez de las pruebas, pues no era posible “copiar” de ningún lado lo que se les pedía responder, ya que las respuestas no podían ser simplemente parafraseadas del libro. Se conservó la misma cantidad de exámenes que en el curso del diseño original, para poder tener puntos de comparación entre ambos, y se emplearon problemas distintos con el mismo nivel de dificultad.

METODOLOGÍA

Esta investigación de tipo mixto fue realizada durante el segundo semestre de 2010 en los cursos de Física para Ciencias de la Vida de la Universidad de los Andes, desarrollados de manera simultánea y orientados por el mismo profesor. Se recolectaron las calificaciones de todas las actividades en cada curso, así como información sobre el número de estudiantes que iniciaron, se retiraron y concluyeron el curso.

Se aplicó una encuesta a los estudiantes con preguntas cerradas sobre el tipo de actividades realizadas en el curso y su importancia para el aprendizaje, el tiempo de dedicación semanal y la pertinencia del mismo para su disciplina, y se incluyó una pregunta abierta que indagaba sobre los tres aprendizajes más relevantes que consideraban que habían adquirido. La encuesta fue respondida por 39 estudiantes en el curso original y 26 en el curso nuevo. También se entrevistó a seis estudiantes en cada curso utilizando un protocolo semiestructurado que indagó temas similares a la encuesta y que buscaba profundizar en la percepción de éstos acerca de su experiencia general en el curso, las estrategias utilizadas, las actividades específicas desarrolladas y su pertinencia, entre otros. Además, se entrevistó al profesor acerca de sus percepciones sobre las actividades realizadas en cada curso, la respuesta de los estudiantes y los aspectos por mejorar en las mismas.

El material cuantitativo se manejó utilizando el paquete estadístico SPSS. El material cualitativo (preguntas abiertas de las encuestas y entrevistas) fue transcrito y categorizado para dar respuesta a los tres niveles de comparación del estudio. Finalmente, los dos tipos de información se compararon para identificar patrones de regularidad o puntos de tensión, así como para indagar acerca de explicaciones sobre estos hallazgos. Los resultados encontrados se presentan a continuación.

PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En esta sección presentamos y discutimos los resultados de la investigación, en el marco de tres aspectos centrales: los niveles de logro y tipos de aprendizajes en los cursos, el diseño del curso y la relevancia del mismo que perciben los estudiantes para su carrera, y las dinámicas de aprendizaje en los cursos.

Niveles de logro y tipos de aprendizajes en los cursos

Tabla 1. Información estadística sobre el número de estudiantes en cada curso y su distribución entre retiros, aprobaciones y reprobaciones respecto al número inicial de inscritos

Tipo de curso	Diseño original (63 estudiantes)		Diseño PO-PBL (31 estudiantes)	
	No. estudiantes	% estudiantes	No. estudiantes	% estudiantes
Retirados	8	13	2	6,5
Aprobaron	43	68	27	87
Reprobaron	12	19	2	6,5

La tabla 1 presenta la distribución de los estudiantes entre retirados, reprobados y aprobados en ambos cursos. El de diseño original fue inscrito por 63 estudiantes mientras que el inspirado en el PO-PBL inició con 31. Los estudiantes se encontraban cursando entre segundo y tercer semestre de sus carreras. Aunque no se realizó una prueba de ingreso para verificar la homogeneidad de los grupos, sí se sabe que los estudiantes que ingresan a esta universidad corresponden al 10% de los mejor evaluados en las pruebas nacionales estandarizadas al finalizar la educación media. A través de las entrevistas, los estudiantes reportaron que la distribución en la inscripción se debió principalmente a la oferta de horarios, siendo más favorable para ellos el horario del curso original. En la tabla puede observarse que el porcentaje de estudiantes que se retiraron y reprobaron el curso del diseño inspirado en PO-PBL es menor que en el de diseño original. Para analizar mejor esta situación, presentaremos otras piezas de información que nos permitan hacer una lectura más amplia de la misma.

Empecemos por considerar los resultados en el examen final del curso, que es visto como un punto fundamental de comparación para el Departamento de Física, dado que abarca todo el contenido cubierto y es el mismo para todos los estudiantes, sin importar el diseño del curso al que asistieron. En esta prueba, los estudiantes del curso original obtuvieron un promedio de 2,63, con una desviación estándar de 0,85. En el curso del diseño PO-PBL, el promedio fue 2,71, con una desviación estándar de 0,9. Utilizando el paquete estadístico de SPSS, se obtiene una significancia $\alpha=0,59$ en la comparación de las medias, lo cual muestra que no hay una diferencia estadísticamente significativa en los resultados de los estudiantes en este examen. Además, el porcentaje de estudiantes que reprobaron el examen final es similar para los dos cursos, con una proporción de 65% y 67%, respectivamente. Sin embargo, en el curso original, un 4% de los estudiantes obtuvieron el rango más bajo de calificaciones (menos de 1,0), fenómeno que no se observa en el de diseño PO-PBL.

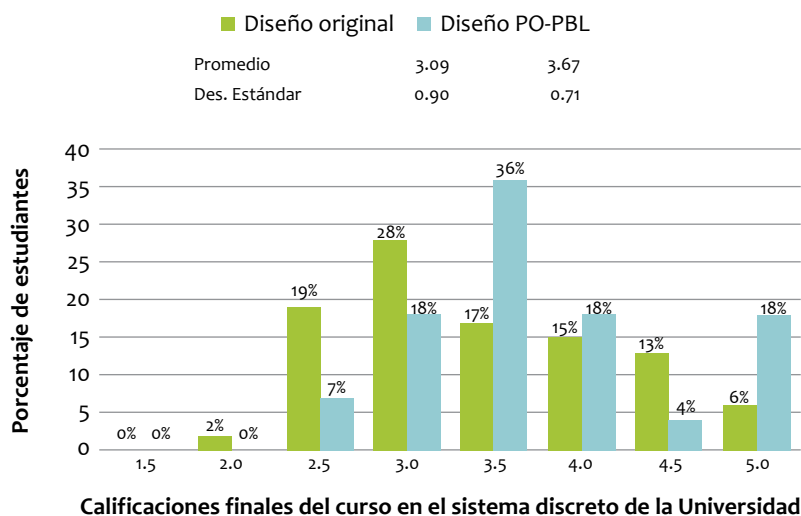
Estos resultados pueden ser desconcertantes en un primer momento pero deben leerse con cuidado. En las entrevistas, los estudiantes reportaron que el examen final de Física se realizó en la misma semana que otros cuatro exámenes de sus carreras, motivo por el cual muchos de ellos dedicaron sus esfuerzos a aquellos cursos en los que tenían mayores dificultades para aprobar. En los datos estadísticos encontramos que las calificaciones acumuladas promedio de los exámenes parciales –conocidas por los estudiantes antes del examen final– fueron 2,72, con una desviación estándar de 1,21 para el curso original, y 3,25, con una desviación estándar de 0,99, para el de diseño PO-PBL. Al comparar esta información, observamos que, en efecto, los estudiantes del curso PO-PBL tenían en las calificaciones acumuladas valores mayores que los estudiantes del otro curso, y podríamos inferir que el examen final no era tan definitivo para aprobar, como para estos últimos. Este análisis lleva a reconsiderar el examen final del curso como principal elemento de comparación de resultados entre ambos diseños, ya que el desempeño de los estudiantes en esta prueba escrita es afectado por todo el contexto educativo, y considerarla como el indicador principal de aprendizaje en los cursos significa sobrestimar su valor.

Por otro lado, se puede observar en la figura 1 que la distribución en las calificaciones finales es diferente para cada curso: en el diseño original, la distribución se centra en la calificación mínima aprobatoria (3,0), mientras que en el curso PO-PBL la distribución se centra en una

calificación de 3,5, y un mayor porcentaje de estudiantes obtiene calificaciones en los rangos superiores. Considerando que el porcentaje de la calificación que proviene de las pruebas escritas es el mismo en cada grupo, que los resultados en el examen final son similares, estas diferencias se pueden deber principalmente a los mejores desempeños en los otros exámenes escritos y a los resultados en las calificaciones del proyecto del curso PO-PBL.

Figura 1. Distribución de las calificaciones finales de los dos cursos de Física.

El número total de estudiantes en cada curso corresponde a los que terminaron el mismo



En segundo lugar, una de las preocupaciones del profesor en el diseño PO-PBL era la cobertura de los temas; por ello, en las entrevistas se preguntó a los estudiantes sobre este aspecto. En todas ellas, los estudiantes coincidieron en que se realizó una cobertura de los contenidos propuestos en los programas y en que eran similares para los dos cursos. Sin embargo, encontraron diferencias en cómo se logró este objetivo: en el curso original, los estudiantes perciben que “aunque el profesor intenta decir todo lo importante, es rápido el paso por los temas, pero da la sensación de que no se trabaja en profundidad”. En el curso PO-PBL, “uno trabaja con los problemas centrales en detalle, incluso nos ponen a hacer problemas donde se integran todos los contenidos”. Esta diferencia en los comentarios puede generar una reflexión sobre la aproximación al programa del curso. En ambos casos, el profesor orienta sobre los puntos centrales en el material cubierto, pero para los estudiantes, el nivel de apropiación difiere en profundidad y –como presentaremos a continuación– en el tipo de aprendizajes que los estudiantes perciben en el curso.

La tabla 2 muestra los resultados ante la siguiente pregunta abierta: *Identifique los tres aprendizajes más importantes para usted en este curso*. Los estudiantes del diseño original resaltan la importancia de la resolución de problemas y los contenidos cubiertos en el curso. Esta información es coherente con lo expresado en las entrevistas, donde uno de ellos describe: “en clase tratamos de cubrir todos los temas y uno pregunta sobre aquellos puntos que uno sabe va a tener problemas para resolver los ejercicios [...] es importante que explican de forma más procedimental, con más pasos, cómo se hacen las cosas”. Estos resultados son consistentes con una visión de la enseñanza centrada en el docente, donde la mayor relevancia la toman los conteni-

dos (Laurillard, 2002), y en la que la resolución de problemas evidencia el aprendizaje al recuperar la información pertinente desde la memoria y la aplicación de esta información para la solución del nuevo problema (Ceberio *et al.*, 2008).

En cuanto a los estudiantes que estuvieron bajo el diseño inspirado en el PO-PBL, en la tabla 2 se observan algunos conocimientos disciplinares y una gran cantidad de competencias. En las entrevistas se pueden identificar fragmentos como el siguiente: “el curso permite un pensamiento más crítico para el análisis de cualquier problema médico, ya que después de lo médico hay sustrato biológico y físico. Y así, aunque uno no aplique fórmulas en el momento, uno tiene la habilidad de pensar más críticamente”. También podemos observar en este caso que, aunque los estudiantes identifican un aprendizaje de los contenidos, en muchos casos lo hacen de manera contextualizada (aplicaciones biomédicas).

Estos resultados se pueden relacionar de un modo directo con las formas de trabajar con el conocimiento que se pretende desarrollar con el modelo PO-PBL, tales como el trabajo colaborativo, la contextualización de la teoría en situaciones de práctica, la toma de decisiones y la posibilidad de recontextualizar las formas de pensar y conocer nuevos problemas en los campos de interés personal y profesional (Kolmos *et al.*, 2004; Kolmos, 2004; Ravn, 2008; Ravn y Valero, 2010). Por último, se puede evidenciar una percepción clara por parte de este grupo sobre la relación entre experiencia y aprendizaje, pues como un estudiante afirma, “la práctica, la experiencia, le permite a uno reforzar lo que está aprendiendo”.

Tabla 2. Resultados de frecuencia en la encuesta de preguntas abiertas que indagaba sobre los tres aprendizajes más relevantes que los estudiantes consideraban que habían adquirido en el curso

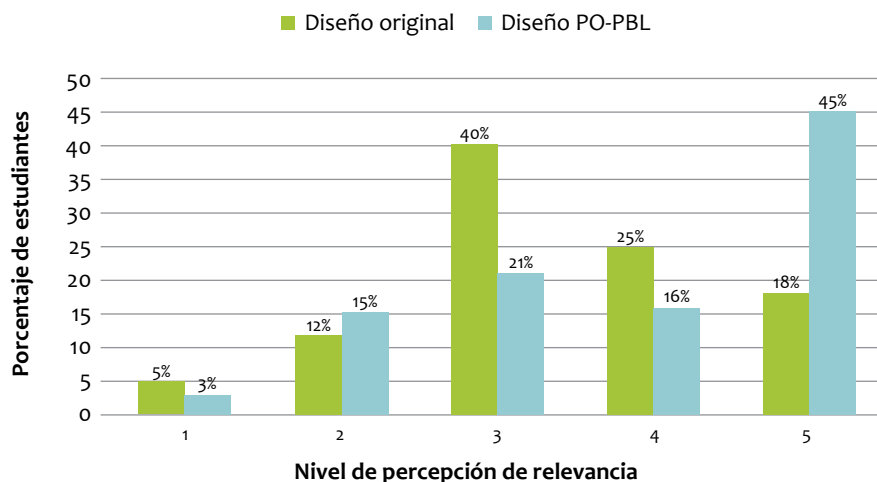
Diseño original (39 estudiantes)		Diseño inspirado en PO-PBL (26 estudiantes)	
Aprendizajes percibidos	Estudiantes	Aprendizajes percibidos	Estudiantes
Solución de problemas cuantitativos	13	Trabajo en grupo	9
Trabajo y energía	11	Aplicaciones biomédicas	6
Fuerza	10	Análisis de problemas	6
Organizar información	6	Energías	6
Torques	6	Fluidos	6
Relación física-cotidianidad	6	Integrar varios contenidos del curso en un solo problema	1
No basta ir a clase	1	Trabajo autónomo	1
Vectores	1	Manejo del tiempo de estudio	1
Perder miedo a la física	1	Analizar gráficas	1
Analizar gráficas	1	Participar	1

Como conclusión de esta sección, podemos decir que, desde el punto de vista institucional, los resultados numéricos (estudiantes que terminan el curso y distribución de calificaciones) indican que el curso con el diseño centrado en el estudiante promueve mejores niveles de logro en éste, y que para realizar este tipo de comparaciones es necesario contar con mayor información que la proveniente de un solo tipo de evaluación, por ejemplo, el examen final. También, que la percepción de aprendizaje que reportan los estudiantes del diseño PO-PBL refleja mejor las expectativas de los profesores, en cuanto a que para aprender física se deben analizar los problemas, más que resolverlos mecánicamente.

Diseño del curso y relevancia para su carrera

Una de las razones importantes por las cuales se introdujo el diseño inspirado en el modelo PO-PBL estuvo relacionada con la documentación previa de la poca relevancia que los estudiantes de Medicina y Biología encontraban en el curso de Física para sus carreras (Hernández et al., 2014). La figura 2 muestra los resultados de la encuesta ante la pregunta: *En una escala de 1 a 5, donde 1 es muy poca y 5 es muy relevante, ¿cuál percibe usted que es el nivel de relevancia de su curso de Física en su carrera?* Una pregunta similar se realizó en las entrevistas para profundizar en este aspecto.

Figura 2. Para los estudiantes del curso original, esta percepción es menor que para los estudiantes del curso inspirado en el modelo PO-PBL



Se observa que los estudiantes del diseño original encuentran menor relevancia en el curso de Física, y en las entrevistas argumentaron que “el que no sabe física en ingeniería, ‘jum’ [...] pero si un médico no sabe física, no importa”. Otro estudiante expresó: “este curso debe tener alguna utilidad pero todavía no sé cuál [...] el profesor a veces hace ejercicios aplicados, y ahí uno como que se va dando cuenta [...] pero no mucho”. De manera opuesta, los seis estudiantes entrevistados del diseño PO-PBL identifican una clara relación del curso con su formación profesional; uno de ellos dijo: “como médicos, nos están orientando hacia la investigación, y este curso, en especial el

proyecto, me ayuda mucho en esto”. Otra estudiante expresó: “el proyecto nos ayuda en la investigación porque no son problemas sencillos y son problemas que podemos aplicar a la carrera, hay de biología y de medicina, no sólo fuerzas o carritos”.

Estos resultados indican una relación importante entre el diseño de los cursos y la percepción de la relevancia que esta disciplina puede tener para la carrera de los estudiantes. Como se ha venido discutiendo desde hace varios años (Entwistle y Peterson, 2004; Lindblom-Ylänne, Trigwell, Nevgi y Ashwin, 2006; Lueddeke, 2003), cursos con una visión de la enseñanza centrada en los estudiantes generan mayor motivación y compromiso por parte de los mismos. También es claro que gran parte de esta percepción de la relevancia del curso para la carrera está relacionada con el desarrollo del proyecto, siendo esto consistente con investigaciones sobre el modelo PO-PBL (Fink, 1999; Kolmos *et al.*, 2004; Kolmos, 2004; Ravn y Valero, 2010). En este punto es de resaltar que el problema que se busca modelar o resolver a lo largo del proyecto es propuesto por los estudiantes, lo que permite que sean ellos, y no el profesor, quienes identifiquen aspectos de relevancia del curso para sí mismos, tanto en los contenidos como en las competencias que pueden desarrollar a partir de su participación en actividades académicas que se asemejan a la práctica de los físicos pero que aportan en gran medida a su propio desempeño profesional.

Para este estudio, es particularmente significativo este aspecto, debido a que la tradición de enseñanza de la física ha usado como herramienta de conexión la realización de *ejercicios de aplicación*, que describe el uso de la ilustración de conceptos después de que se han aprendido –o por lo menos enseñado– (Gunstone, 2004), y que en muchos casos son vistos por los estudiantes como irreales, fuera de contexto, y no logran hacer evidente la importancia del curso para el futuro de estudiantes de otras disciplinas (Hernández *et al.*, 2014). En este caso, trabajar con un problema que orienta el aprendizaje es una manera de entrar en un aspecto fundamental del conocimiento científico: las prácticas de investigación de comunidades científicas parten de problemas disciplinares reales, no de la aplicación mecánica de viejos conocimientos. Además, al brindar a los estudiantes la posibilidad de identificar y escoger un problema para abordar, se legitima su actividad como futuros investigadores y permite que los inevitables tropiezos y fallos que vivieron se conviertan en oportunidades para aprender, y no en motivos de exclusión.

Dinámicas de aprendizaje en los cursos

Las entrevistas mostraron que, en general, los estudiantes se sentían temerosos por sus resultados en el curso antes de empezar el semestre. Experiencias previas en el colegio o diálogos informales con personas de otros semestres afianzaban este temor. Por parte del profesor, una de sus grandes preocupaciones estaba centrada en la poca lectura del libro guía antes de la clase, lo que dificultaba la participación en la misma.

En la entrevista con el profesor, éste expresó que “los cursos son muy distintos. En el curso tradicional, la clase luce muy ordenada; yo trato de ser claro en lo que explico pero realmente no sé qué pasa con los estudiantes. Algunos tienen expresión de ‘sí entiendo’, y otros, de ‘no sé qué pasa aquí’, pero no lo dicen [...] en el curso activo en grupos, se ve mucho desorden, los estudiantes en

los grupos hablan y yo no siempre sé si es de los temas del curso u otras cosas. Pero sí dicen sus dudas, y cuando paso por los grupos quieren que les conteste sus preguntas, y yo más bien trato de que ellos mismos piensen las respuestas”.

Los estudiantes del curso original coinciden en que el profesor “es excelente, el esfuerzo que hace para que nosotros entendamos es grande, es muy didáctico, ilustra mucho, él mismo hace ejemplos, trae materiales al salón para mostrarnos cosas y se preocupaba por nosotros”. Otro expresó que “el profesor no sólo explicaba la teoría sino que hacía ejercicios y daba consejos para la resolución que eran muy valiosos para las evaluaciones”. Un estudiante manifestaba que fuera de clase tratan de “estudiar con un grupo de compañeros porque nos apoyamos, nos tranquilizamos y resolvemos dudas juntos [...] aunque muchas veces también estudio solo”. Únicamente un entrevistado expresó que la pasividad del estudiante que genera una clase magistral puede convertirse en un obstáculo para el aprendizaje: “uno aquí está y el profesor está haciendo y uno piensa que uno está entendiendo, pero el hecho de que tú estés pasivo, sentado sin hacer nada sin la necesidad de estar haciendo un ejercicio, tú dices sí a la explicación pero luego te lo ponen y me pregunto: ‘¿ahora qué hago?’”.

En el curso del diseño PO-PBL, los estudiantes coincidieron en que “al principio la relación con el profesor y los asistentes era difícil porque no explicaban sino que preguntaban [...] pero luego fue mejorando porque sentía que podía hacer lo que me pedían y discutir con ellos”. También, que “los talleres son más complejos que las preguntas conceptuales; a veces uno se siente frustrado de no poder hacer los problemas [...] pero el profesor o los asistentes están ahí para ayudar, y uno se siente apoyado”. Sólo un estudiante consideró que “me molesta que el profesor no conteste mis preguntas con certeza, preferiría que me explicara”. Además, identifican que el trabajo entre estudiantes en la clase “es un apoyo académico porque con nuestro propio lenguaje nos estamos ayudando. Hay diferentes niveles de aprendizaje, y lo bueno de eso es que alguien toma la iniciativa de resolver el problema y el resto pone atención, y nos preguntamos y los resolvemos”.

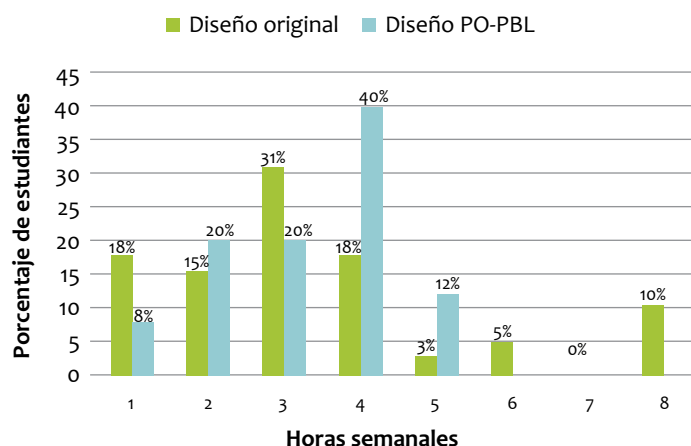
Al indagar acerca de la relación entre la clase y las evaluaciones, los estudiantes del curso original identifican que “estoy estudiando muchísimo y veo que los resultados no corresponden con el tiempo que le estoy dedicando. Estudio y espero [exámenes] parciales más fáciles, no sé [...] lo que el profesor dice que es fácil y luego pierde medio curso [...] no entiendo qué pasa”. En cuanto al diseño PO-PBL, una de las estudiantes lo describió así: “como la metodología era nueva y el profesor no nos contestaba las preguntas, yo dije: ‘voy a perder este curso’ [...] y luego, en el primer [examen] parcial no me fue tan mal y me di cuenta que entre los resúmenes para clase, las preguntas y los talleres, yo había estudiado todo el tema y que podía responder”.

De esta información, complementada con los resultados numéricos, puede inferirse que, debido al intercambio intenso entre pares, con los asistentes y con el profesor, los estudiantes del diseño PO-PBL empiezan el curso en un nivel de poca comodidad porque esperan que las personas más expertas les expliquen, tal y como están acostumbrados a partir de la mayoría de sus experiencias educativas. En cambio, lo que ocurre es una interacción donde el profesor los trata como participantes legítimos que están en proceso de convertirse en participantes autónomos, lo que les permite desarrollar un mayor nivel de apropiación de los conocimientos y formas de argumentar y justificar. Lo anterior, entonces, se refleja en un mayor nivel de confianza en lo que

están aprendiendo y mayor seguridad en que podrán aprobar, mientras que en el diseño original, aunque los estudiantes se sienten cómodos con el formato del curso y lo que se les pide hacer, los resultados esperados no se dan, y también se refuerza la idea de que el curso es difícil de aprobar, por lo cual se sienten excluidos de toda posible participación en el mundo de la física.

Otro aspecto en el que se encuentran diferencias importantes en el curso se refiere a los hábitos de estudio por parte de los estudiantes. La figura 3 muestra los tiempos medios de dedicación al curso de Física reportados por los estudiantes, adicionales a su participación en las clases. En el diseño original, la distribución tiene un rango de horas mayor. Al indagar en las entrevistas, encontramos que la actividad que más realizaban era desarrollar ejercicios del texto guía, especialmente en la semana previa al parcial. En otras semanas, la actividad era muy poca.

Figura 3. Distribución estadística de los tiempos medios de estudio por parte de los estudiantes en el curso de Física. Este tiempo contempla actividades adicionales a la clase presencial organizada por el Departamento de Física



Así mismo, algunos estudiantes afirmaron: “dedico muy pocas horas, pues no espero buenos resultados y tengo otras materias” o “estudio muchas horas porque el curso me cuesta y así trato de lograr aprobar”. En el diseño PO-PBL, los estudiantes reportan que usan unas tres o cuatro horas todas las semanas porque “la sesión conceptual motiva mucho a estudiar por cuenta propia. Uno prácticamente no puede llegar nunca en ceros, tiene que llegar preparado y a resolver dudas”. También se refieren a un cambio en sus hábitos de estudio: “uno muchas veces deja todo para el final, cerca del [examen] parcial y está apurado, pero aquí, por los talleres y preguntas en clase, te toca estar ahí todas las semanas estudiando, y así, cuando uno llega al parcial realmente ha dedicado tiempo a todo”.

Desde la perspectiva del profesor, esta diferencia en las actividades de los estudiantes es uno de los grandes cambios en el curso. En la entrevista, él reconoce que “en el curso tradicional, aunque uno espera que los estudiantes hayan leído, la verdad es que parte de que ellos no saben nada y uno dice lo importante. Luego ellos se van y resuelven problemas pero el ciclo de aprendizaje sólo se cierra en el [examen] parcial, que es de verdad cuando ellos estudian [...] Mientras que en el curso activo los estudiantes tienen que empezar por leer y preparar el material; luego,

en la clase llegan con dudas, y así, como a la mitad del proceso están las explicaciones, tanto en las discusiones conceptuales como en los talleres que resuelven en clase, y salen al menos sabiendo qué saben y qué no [...] Y luego hacen más ejercicios de tarea; entonces, el ciclo de aprendizaje es como más permanente, no sólo cerca del [examen] parcial”.

Además, el profesor identifica que para tener una clase centrada en el estudiante “es necesario planear con gran detalle y cuidado las actividades del curso: qué se va a leer, cómo se usa esta lectura, qué problemas se trabajan en clase, cómo se relacionan estos problemas con la teoría, cómo se relaciona uno en clase con los estudiantes [...] Si uno no va a explicar todo lo importante, cómo les ayuda [a los estudiantes] a darse cuenta de qué es lo importante”.

Como se puede concluir de esta sección, las dinámicas de aprendizaje en ambos diseños son muy diferentes. En el curso original centrado en el profesor, los estudiantes refieren el proceso de aprender al tratar de imitar las acciones del profesor, pero son poco conscientes de su propio rol. Además, sus hábitos de estudio se conectan directamente con los procesos de evaluación, más que con el aprendizaje. El problema de aprender se reduce al hecho de aprobar o no el curso. En el diseño centrado en los estudiantes, las actividades planeadas generan cambios en las prácticas de estudio y en el rol que deben asumir los participantes en ese proceso. Se hacen evidentes las tensiones entre las diferencias de conocimientos con el material, los profesores y los compañeros, pero esto invita a los estudiantes a involucrarse en la nueva práctica para poder resolver dichas tensiones, y es fundamental brindarles confianza en que su participación, a través del diálogo y el hacer en este proceso, es respetada y será monitoreada para ayudarlos a mejorar. Así, el aprendizaje se ve más como un continuo de apropiación de las formas de conocer, argumentar y justificar, de las cuales la evaluación hace parte, y se gana confianza en la posibilidad de apropiarse con éxito de las formas de pensar y actuar con la física en el contexto de sus campos disciplinares.

CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación son consistentes con mucha de la literatura previa sobre las diferencias entre cursos centrados en el profesor o en los estudiantes, con relación a los niveles de logro, tipos de aprendizajes identificados y dinámicas del aprendizaje mismo. Sin embargo, el tipo particular de diseño inspirado en el PO-PBL ofrece algunas ventajas adicionales que van más allá de un aprendizaje efectivo individual. Éstas son: el logro de una mejor percepción de la relevancia de la apropiación de formas de pensar en física en el contexto de las disciplinas de su futuro profesional, al igual que la asociación del aprendizaje de la física como parte de su formación como investigadores en ciencias de la vida.

Para el profesor, el tipo de aprendizaje logrado está más cerca de sus expectativas. Para ello, es fundamental la creación de un diseño propio a partir de la inspiración en otras propuestas, pues puede emplearse un sinnúmero de actividades para cubrir propósitos pedagógicos diversos. Esto es primordial para diseñar cursos para estudiantes de otras disciplinas diferentes a la física, y no implica dejar de lado la centralidad de los contenidos, sino aproximarse a ellos de una

manera distinta que permita tanto una aproximación más profunda como verlos contextualizados y en operación dentro de tales contextos.

No obstante aparecen nuevos retos para el diseño del curso. Por un lado, para planear las actividades y los materiales que realmente promuevan un aprendizaje en los estudiantes se debe hacer un seguimiento sistemático y analítico a los materiales de cada sesión. Esto incluye el proyecto y cómo se relaciona con el resto del curso y las otras disciplinas. Por otra parte, sería importante estudiar el fenómeno de tensión inicial entre estudiantes y profesor en el diseño PO-PBL, esto para identificar formas de apoyar al profesor al asumir el reto de los cursos centrados en los estudiantes que permitan tener en cuenta las necesidades de otras disciplinas. Finalmente, es un desafío relevante profundizar y entender las dinámicas que se dan dentro de los grupos de trabajo, con el fin de buscar estrategias que sigan aportando a que una gran parte de los estudiantes logren un mejor aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer de manera particular a los estudiantes de Biología y Medicina del curso de Física 1 del segundo semestre de 2010. Esperamos retribuir su amabilidad al participar en este proceso de cambio haciendo públicas sus experiencias.

REFERENCIAS

- Becerra Labra, C., Gras-Marti, A. y Martínez-Torregrosa, J. (2005). ¿De verdad se enseña a resolver problemas en el primer curso de física universitaria? La resolución de problemas de “lápiz y papel” en cuestión (Do we really teach how to solve problems in undergraduate Physics courses? Paper and pencil problem-solving. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 27 (2), 299-308.
- Biggs, J. y Tang, C. (2007). *Teaching for quality learning at university*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Ceberio, M., Guisasola, J. y Almuñí, J. M. (2008). ¿Cuáles son las innovaciones didácticas que propone la investigación en resolución de problemas de física y qué resultados alcanzan?// What are the teaching innovations proposed by research to solve problems in physics and what results have been achieved? *Enseñanza de las Ciencias*, 26 (3), 419-430.
- Enemark, S. y Kjaersdam, F. (2009). A APB na teoria e na Prática: e experiência de Aalborg na inovação do projeto no ensino universitário. En U. F. Araujo y G. Sastre (eds.), *Aprendizagem Baseada em Problemas no ensino superior* (pp. 17-41). São Paulo: Summus Editorial.
- Entwistle, N. J. y Peterson, E. R. (2004). Conceptions of learning and knowledge in higher education: Relationships with study behaviour and influences of learning environments. *International Journal of Educational Research*, 41 (6), 407-428.
- Fink, F. K. (1999). Integration of engineering practice into curriculum-25 years of experience with problem based learning. *Frontiers in Education Conference, 1999. FIE '99. 29th Annual* (Vol. 1, pp. 11A2/7-11A2/12 vol. 1). doi:10.1109/FIE.1999.839084

- Gunstone, R. (2004). Physics education past, present and future: An interpretation through cultural contexts. En Y. Park (ed.), *Teaching and learning of physics in cultural context. Proceedings of the International Conference on Physics Education in Cultural Context (ICPEC)* (pp. 25-45). Singapur: World Scientific Publishing.
- Hernández, C., Ravn, O. y Forero Shelton, M. (2014). Challenges in a physics course: Introducing student-centred activities for increased learning. *Journal of University Teaching & Learning Practice*, 11 (2), 1-18. Disponible en <http://ro.uow.edu.au/jutlp/vol11/iss2/8>
- Kolmos, A. (1996). Reflections on project work and problem-based learning. *European Journal of Engineering Education*, 21 (2), 141. Disponible en <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aph&AN=9607261301&site=ehost-live>
- Kolmos, A. (2004). Estrategias para desarrollar currículos basados en la formulación de problemas y organizados en base a proyectos. *Educar*, 33, 77-96.
- Kolmos, A., Fink, F. K. y Krogh, L. (2004). The aalborg model -problem based and project organized learning. En A.U. Press (Ed.), *The Aalborg PBL model, progress, diversity and challenges* (pp. 9-18). Aalborg, Dinamarca: Aalborg University Press.
- Laurillard, D. (2002). *Rethinking university teaching, a conversational framework for the effective use of learning technologies*. Londres: Routledge Falmer.
- Lindblom-Ylänne, S., Trigwell, K., Nevgi, A. y Ashwin, P. (2006). How approaches to teaching are affected by discipline and teaching context. *Studies in Higher Education*, 31 (3), 285-298. Disponible en <https://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33646511133&partnerID=40>
- Lueddeke, G. R. (2003). Professionalising teaching practice in higher education: A study of disciplinary variation and “teaching-scholarship”. *Studies in Higher Education*, 28 (2), 213-228. Disponible en <https://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0037403932&partnerID=40>
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction: A User's Manual* (pp. 253). Nueva Jersey: Prentice Hall.
- Ravn, O. (2008). Closing the gap between formalism and application- PBL and mathematical skills in engineering. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 27 (3), 131-139.
- Ravn, O. y Valero, P. (2010). Acercar el formalismo y el uso en la educación matemática en ingeniería. *Seminario de matemática educativa. Fundamentos de la matemática universitaria. Bogotá, Colombia, 22-24 de octubre, 2010* (pp. 3-20).
- Roth, W. M. (2009). The gap between university and the workplace. Examples from graphing in science. En O. Skovsmose; P. Valero y O. Ravn (Eds.), *University science and mathematics education in transition* (pp. 133-155). Springer. Disponible en http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-09829-6_7
- Selçuk, G. S., Çalişkan, S. y Erol, M. (2008). The effects of problem solving instruction on physics achievement, problem solving performance and strategy use. *Latin American Journal of Physics Education*, 2 (3), 151-166.
- Serway, R. A. y Jewett, J. W. J. (2005). *Física para ciencias e ingenierías*. (S. R. Cervantes González, ed.). México: Editorial Thomson.
- Wenger, E. (1999). *Communities of practice: Learning, meaning, and identity*. Cambridge: Cambridge University Press.