

---

## APRENDIZAJE COLABORATIVO Y SIGNIFICATIVO EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE FÍSICA EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA<sup>+</sup>

---

Ester López Donoso<sup>1</sup>

Carmen Castillo Cortés

Juan Véliz Veas<sup>2</sup>

Departamento de Matemáticas y Física

Facultad de Ciencias Naturales y Exactas

Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación

Valparaíso – CHILE

### Resumen

*El artículo que se presenta corresponde a una investigación de tipo experimental de corte cualitativo y cuantitativo aplicada a un grupo de estudiantes del primer año de Ingeniería Informática que cursan la asignatura de Física General Mecánica durante el primer semestre de su carrera. Históricamente estos alumnos presentan dificultades de aprendizaje lo que afecta directamente su rendimiento, su conceptualización y el grado de deserción de la Universidad. Se presenta una metodología que integra la técnica de aprendizaje colaborativo, denominada "Learning Together", con la teoría de aprendizaje significativo con el fin de mejorar el rendimiento y la conceptualización en los estudiantes. Los resultados muestran que la metodología propuesta mejora el rendimiento de*

---

<sup>+</sup> Use of the "Learning together" technique associated to the theory of significative learning to solve problems in Physics for Engineering students

\* Recebido: julho de 2007.

Aceito: abril de 2008.

<sup>1</sup> Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias.

<sup>2</sup> Este trabajo es una parte de la tesis para optar al título de profesor de Física de los estudiantes Carmen Castillo y Juan Véliz.

*los estudiantes presentando su mayor fortaleza en la conceptualización.*

**Palabras-clave:** *Enseñanza de la Física; estudiantes universitarios; aprendizaje cooperativo y significativo; conceptualización; rendimiento.*

### **Abstract**

*This article deals with an experimental research, regarding a qualitative and quantitative design, applied to a group of students of General Physics course during the first semester of the university career of Engineering. Historically, students of this course present learning difficulties that directly affect their performance, conceptualization and permanence in the university. The present methodology integrates the collaborative learning, denominated "Learning Together", with the theory of significant learning to avoid the above-written difficulties. Results of this research show that the proposed methodology works properly, especially to improve the conceptualization.*

**Keywords:** *Teaching of the Physics; university students; cooperative and significant learning; conceptualization; performance.*

## **I. Introducción**

Hay consenso en la comunidad de investigadores que los elementos que condicionan la actividad de enseñar son de naturaleza diversa y no pueden reducirse simplemente al dominio de la disciplina enseñada, dejando al margen la psicología del alumno, su desarrollo afectivo y emocional, el desarrollo cognitivo o intelectual y la forma en que aprenden. Cualquier actividad escolar que se planifica con los estudiantes tiene en cuenta sus capacidades e incluso suelen programarse con el fin de desarrollar esas capacidades. Pero a medida que el alumno va pareciéndose más a un adulto, van suprimiéndose las consideraciones psicológicas hasta llegar a la Universidad, donde hay una escasa sensibilidad por los problemas didácticos derivados de la psicología del alumno. Sin embargo, los estudios actua-

les de psicología del aprendizaje y la instrucción muestran que estos condicionantes están presentes no sólo a todas las edades, incluidos los alumnos universitarios y adultos, sino que en toda actividad de aprendizaje (POZO, 1995).

También existe consenso en que se debe difundir en los profesores y fundamentalmente en la formación inicial de ellos, los avances producto de investigaciones, conducentes a optimizar su práctica docente.

*Los cambios a lograr en la epistemología y en la práctica del profesor no son sencillos. Se han de proponer estrategias que faciliten cambios conceptuales respecto al modelo de enseñanza que practica el profesor, cambios metodológicos en su saber hacer práctico y, en particular, que logren cambios actitudinales positivos hacia la didáctica de las ciencias (Furió et al, 2002).*

Numerosos trabajos desarrollados por investigadores (ACEVEDO et al., 1989; SEBASTIÁ, 1984; VIENNOT, 1989; CALVO et al., 1992; CARRASCO-SA; GIL PÉREZ, 1992; HERNÁNDEZ, 1996; IANELLO et al., 1992; SILVEIRA et al., 1992; VÁZQUEZ, 1994; DUIT, 1991) han indagado acerca del problema de las preconcepciones o concepciones alternativas de los estudiantes acerca de la relación fuerza y movimiento. Estas investigaciones se han desarrollado aproximadamente desde la década de los ochenta, abordando el problema señalado en estudiantes de enseñanza secundaria y posteriormente, en los años noventa aproximadamente, abordando el problema con estudiantes universitarios. Es así que los investigadores coinciden en que los estudiantes consideran:

- Que no hay fuerzas actuando sobre un objeto que se encuentra en reposo.
- Que la fuerza total sobre un objeto en movimiento lleva la dirección de su movimiento.
- Que la magnitud de la fuerza aplicada a un objeto es proporcional a su velocidad.
- Que los objetos se mueven porque contienen una fuerza o que los objetos se mueven con fuerza como una propiedad intrínseca en ellos.

Kuiper (1994, citado en GIORGI et al., 2005) sostiene que las ideas de los estudiantes evolucionan, pero no son reemplazadas por ideas o conceptos científicos durante la instrucción, no lográndose la construcción adecuada del concepto de fuerza. Clement (1982), Hestenes et al (1992), Thijs (1992), Finegold y Gorsky (1991) y Thornton (1995) señalan que la asociación de fuerza con movimiento por parte de los estudiantes es la principal dificultad en el aprendizaje de las leyes de Newton. Moraes y Moraes (2000) y Trumper y Gorsky (1996) reconocen que en

los diferentes niveles de instrucción el desempeño de los estudiantes con relación al tema fuerza y movimiento es pobre. Por otro lado, Mahopatra (1989) y Sebastia (1984) aseguran que tanto profesores como estudiantes conservan ideas intuitivas muy parecidas. Clement et al (1989) sostienen que las ideas previas de los alumnos, que por cierto condicionan fuertemente su aprendizaje, no siempre serían erróneas o contradictorias con el conocimiento científico. Estos autores sugieren que pueden existir ideas intuitivas y representaciones mentales que están próximas a los modelos conceptuales científicos. La identificación de esas concepciones de anclaje permitiría trabajar sobre ellas como un punto de partida para la construcción de conceptos y modelos científicos a ser enseñados.

Clement (1982), Posner et al (1982) y Sebastia (1984) sugieren que las estrategias didácticas o pedagógicas deben permitir que los estudiantes reconozcan sus propias concepciones erróneas con el fin que logren modificarlas a través de la confrontación significativa con las explicaciones concensuadas por la comunidad científica. Por otro lado, Duschl (1991, 1997) y Pozo (1987) sostienen que las concepciones intuitivas coexisten con las concepciones científicas en la estructura cognitiva de los estudiantes, activándose unas u otras según el contexto en que se encuentren. También Disessa y Sherin (1998) sostienen que los estudiantes se comportan como si sus conceptos o conceptualizaciones, variaran de un contexto a otro. En este sentido, López y colaboradores (2003), realizan una investigación considerando a 636 estudiantes de ciencias e ingeniería para averiguar en qué medida estas preconcepciones persisten en los estudiantes universitarios que aprueban hasta los cuatro cursos de física de sus carreras. Encuentran que si bien existiría una variación o un mejoramiento en lo relativo a la conceptualización de la relación fuerza y movimiento, un porcentaje importante de estudiantes (50% aproximadamente) continúan con las preconcepciones con que ingresaron a la universidad.

Es así que son diversas las dificultades con que se enfrentan profesores y estudiantes en el primer año de ingreso a la Universidad, en las asignaturas correspondientes a ciencias básicas y, en particular, en la asignatura de Física General. Con relación a las dificultades que presentan los alumnos que ingresan a las carreras de ingeniería, Braga et al. (2002) destacan que:

*los estudiantes muestran una marcada dificultad para conectar realidad con una representación de ella y viceversa;...que presentan un bajo grado de desarrollo de la capacidad para planificar una estrategia de pasos para la resolución de un problema y que...*

*hay poca tendencia a trabajar en grupo, prefiriendo el estudio personal.*

El concepto de aprendizaje cooperativo es un término que se refiere a un amplio y heterogéneo conjunto de métodos estructurados de instrucción, en los cuales los alumnos trabajan en grupos en tareas que generalmente son académicas (DAMON; PHELPS, 1989).

Bajo el concepto de aprendizaje cooperativo se engloba un conjunto muy diferente de técnicas y métodos que suelen diferenciarse en cuanto al grado de interdependencia de los miembros de cada grupo, de las recompensas, grado de interdependencia de la tarea, grado de responsabilidad individual, grado de estructura impuesta por el profesor o por la propia tarea y el grado de utilización de la competencia (FABRA, 1992).

Una de las acepciones sobre aprendizaje cooperativo más aceptadas por la comunidad científica es aquella en que los métodos, desde una perspectiva conductista, utilizan una estructura de recompensa que esta en directa relación a la productividad del grupo. En este caso se encuentra el método denominado “Learning Together” o “aprendamos juntos” de los hermanos Johnson y Johnson (1987). Según este método, los grupos de aprendizaje cooperativo se basan en una interdependencia positiva entre los componentes del grupo. Las metas son estructuradas para que los alumnos se interesen no sólo por su esfuerzo y rendimiento sino también por el rendimiento de los demás. Hay una clara responsabilidad individual donde se evalúa el dominio que cada estudiante tiene del material asignado. Se da información al grupo y a los miembros del mismo sobre el progreso de cada uno, de esta forma el grupo sabe quién necesita ayuda. El liderazgo es compartido por todos los componentes y todos los miembros del equipo comparten la responsabilidad por el aprendizaje. Por último, el objetivo es conseguir que cada uno de los componentes aprenda lo posible.

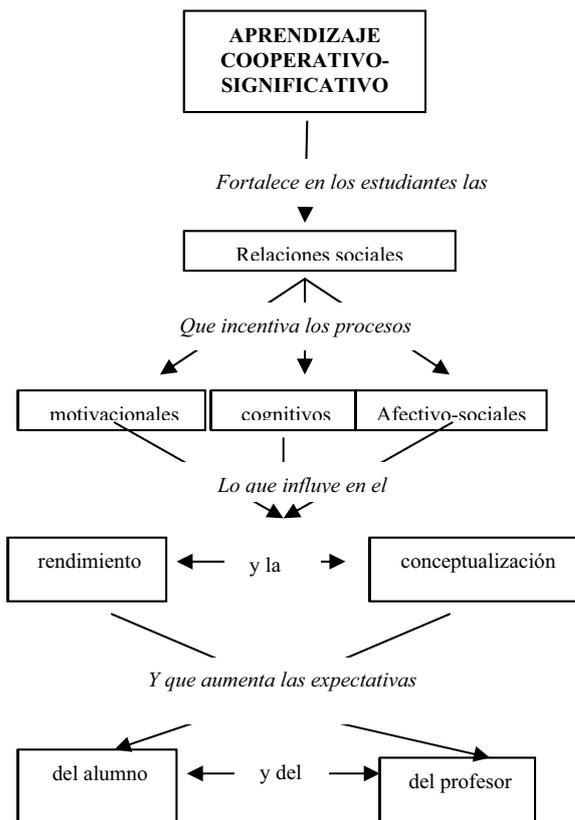
Para Echeita (1995), Johnson y Johnson (1990) y Slavin (1990), tres son los requisitos básicos para que se produzca aprendizaje cooperativo:

1. la existencia de una tarea que deben resolver en conjunto;
2. la resolución de la tarea, que requiere de la contribución de todos y cada uno de los miembros del grupo y
3. la disponibilidad de recursos cognitivos del grupo, que deben ser los suficientes para mantener y hacer progresar su propia actividad grupal.

Con estos métodos podría presentarse la llamada “holgazanería social”, que consiste en la reducción del esfuerzo y la motivación de sus participantes, cuando éstos son responsables en forma colectiva de la ejecución de la tarea. Pero

las investigaciones comprueban que este fenómeno se reduce si cada sujeto al esforzarse consigue un mejor rendimiento, si es gratificado con recompensas efectivas individuales de los miembros de su grupo como del profesor al reconocer y valorar su propio esfuerzo. Esto se consigue en grupos impares reducidos (KARAU; WILLIAMS, 1993; WILLIAMS; HARKINS; LATANÉ, 1981; BRICKNER; HARKINS; OSTROM, 1986).

En los últimos años el objeto de las investigaciones se centra en los resultados y consecuencias del aprendizaje cooperativo, sobre las variables académicas, afectivas y sociales. Aparece una fuerte inclinación del aprendizaje cooperativo y el uso de los ordenadores. Según León (2003), el carácter de los participantes: introvertido, extrovertido, gregario (es uno más del grupo sin distinguirse) o influyente, tímido..., afecta al éxito o fracaso del aprendizaje cooperativo, pero también se corrobora la influencia sobre el rendimiento y sobre los procesos interactivos de habilidades sociales y dinámica de grupo.



En definitiva, el aprendizaje cooperativo favorecería el rendimiento y la productividad de los alumnos, aumenta su autoestima, facilita las habilidades sociales, fomenta las relaciones intergrupales y ayuda a la integración, aumentando la empatía y la atracción entre los alumnos. También ayuda a la motivación, permite adquirir metas con el aprendizaje y utilizar atribuciones positivas sobre el éxito o

fracaso escolar. Sin embargo, a pesar de todas las ventajas que la bibliografía describe, la metodología es conductista y no registra el grado de fortalecimiento de la conceptualización en los estudiantes los que en base a premios o castigos establecerían algoritmos personales o grupales para enfrentar la resolución de problemas, sin que ello signifique una construcción sólida de los conceptos físicos.

En este trabajo se utiliza la técnica “aprendamos juntos” o “Learning together” de Johnson y Johnson como una estrategia para:

- detectar la presencia de concepciones alternativas en los alumnos. De esta forma se podrá enseñar de acuerdo a lo que el alumno ya sabe facilitando la construcción de aprendizajes significativos al intentar la interacción entre la nueva información y los subsumidos presentes en la estructura cognitiva de los estudiantes:

- para discutir y consensuar sobre la teoría newtoniana en la resolución de problemas de lápiz y papel;

- para fomentar la utilización del recurso “mapa conceptual” en la resolución de problemas en reemplazo de sus “formularios” y como un mecanismo para evaluar la conceptualización de los estudiantes;

- para fomentar el discurso verbal entre profesor-alumno y entre los pares enfatizando el lenguaje científico por sobre el lenguaje cotidiano.

De esta manera se integra la técnica de aprendizaje colaborativo con la teoría de aprendizaje significativo al diseñar las tareas de resolución de problemas de lápiz y papel con materiales que sean potencialmente significativos. Con este objeto se seleccionan los problemas a resolver por los estudiantes de manera que sean apropiados para ellos, para su estado cognitivo y que representen situaciones con un significado lógico y psicológico. Esta integración supone de una planificación previa en donde la selección del material a trabajar con los estudiantes, es discutido al interior del equipo educativo y en forma previa a la presentación de los alumnos. De esta manera los problemas de lápiz y papel seleccionados para cada sesión contemplan las observaciones realizadas en las sesiones anteriores con el fin de poner atención al cambio conceptual de las preconcepciones observadas en los estudiantes. Así cada material presentado en las sesiones de taller es validado a través del juicio de expertos.

En general se busca satisfacer los siguientes objetivos:

- *Comprobar que la utilización de la técnica de aprendizaje cooperativo Learning Together logra que los estudiantes construyan un aprendizaje significativo de los conceptos físicos y de las relaciones existentes entre ellos.*

- *En particular, se pretende mejorar el rendimiento y la conceptualiza-*

*ción de los alumnos que adopten esta modalidad de trabajo en la asignatura de Física General Mecánica, de la carrera de Ingeniería Informática”*

## **II. Metodología**

### **Tipo de estudio**

Se ha diseñado una investigación cuantitativa para medir tanto el rendimiento y la conceptualización de los estudiantes investigados. El rendimiento toma los valores correspondientes a las evaluaciones oficiales de la asignatura y la conceptualización se mide a través de los mapas conceptuales que los alumnos construyen para lo cual se asignan puntajes a los criterios: números de conceptos, jerarquización de los conceptos, enlaces entre los conceptos y los ejemplos atingentes a cada concepto. La perspectiva cualitativa se presenta por las notas de campo que se realizan en cada una de las sesiones de taller de aprendizaje cooperativo y que se toman como referencia y tema de discusión para preparar el material potencialmente significativo de cada una sesiones de trabajo, relativas a la resolución de problemas de lápiz y papel.

### **III. Diseño Experimental**

El grupo de estudiantes estaba compuesto por 56 estudiantes de los cuales 40 cursaban por primera vez la asignatura (alumnos nuevos) y 16 alumnos eran repitentes. La asignatura se desarrolló con tres sesiones de 90 minutos cada una, de las cuales 2 sesiones eran teóricas dictadas de manera frontal, participativa por la profesora del curso más una sesión de “ayudantía” o de resolución de problemas. Al inicio del curso, los estudiantes contestaron un pre-test (validado en una investigación anterior) que medía el grado de presencia de las preconcepciones, señaladas con anterioridad, relativas a la relación fuerza-movimiento en el grupo de estudiantes y también contenían problemas típicos de mecánica de la partícula correspondientes a vectores, cinemática, aplicación de las leyes de Newton y el tema de energía. Durante el primer mes también se instruyó a los estudiantes sobre la construcción y las ventajas del uso de mapas conceptuales como un mecanismo de metacognición.

Se formaron dos grupos para el desarrollo de las “ayudantías”, cada uno con 20 alumnos nuevos (elegidos al azar), donde al grupo control se le agregaron los 16 alumnos repitentes y cuyos resultados no fueron considerados en este trabajo. A ambos grupos, control y experimental, se les asignó una sesión semanal de

90 minutos para la resolución de problemas, siendo 12 en el semestre para la asignatura de Física General Mecánica de la partícula, separados en tres bloques: 4 sesiones para cinemática de la partícula, incluyendo vectores; 4 sesiones para la aplicación de las leyes de Newton y 4 sesiones para abordar problemas de energía.

Las sesiones de “ayudantía” o de “taller” se realizaban en forma simultánea y a cargo de un profesor ayudante. Estos profesores o investigadores participantes eran dos alumnos tesistas de la carrera de Pedagogía en Física que estaban preparando su tesis de título. El material se preparaba semana a semana junto a la profesora del curso que además era la profesora guía de su tesis.

Para ambos grupos, los problemas a resolver eran los mismos, pero la metodología utilizada era diferente. Todos los estudiantes conocían en forma previa los temas a tratar en las ayudantías y también los problemas a resolver. En las sesiones de preparación de las ayudantías se acordaban los problemas que los estudiantes debían trabajar y aquéllos que debían entregar resueltos al final de cada sesión. A estos últimos, se les denominó “problemas tarea”. En el grupo control las sesiones de resolución de problemas se realizaban en forma tradicional: en los primeros 60 minutos el profesor ayudante resolvía los problemas de manera frontal y en los 30 minutos restantes los alumnos debían resolver uno o dos “problemas tarea”. En el grupo experimental el profesor ayudante repartía los 90 minutos en tres fases: los primeros 15 minutos (1ª fase), se usaban para una discusión participativa de los conceptos involucrados en cada sesión, los siguientes 45 minutos (2ª fase), para la resolución de problemas en grupos (los mismos problemas que en el grupo control el profesor resolvía en la pizarra) y los últimos 30 minutos estaban destinados a la resolución de “problemas tarea” que los estudiantes debían entregar al término de la sesión. Los grupos estaban compuestos por cuatro alumnos. Durante la segunda fase los estudiantes leían e interpretaban los enunciados de los problemas, luego planteaban una estrategia de resolución que discutían entre ellos y con su profesor, para finalmente resolver.

En el grupo control el sistema fue rígido e individualizado, sin embargo en el grupo experimental el sistema fue abierto, pudiendo establecerse interacciones entre cada uno de los grupos como con el profesor. Durante el trabajo individual como colectivo, en ambos grupos, los ayudantes observan y registran el trabajo de sus estudiantes (observaciones de campo) anotando las características relevantes de las actitudes y preguntas de los estudiantes, en esta actividad.

Tanto el rendimiento como la conceptualización de todos los estudiantes se midió a través de las tres pruebas oficiales, con la profesora del curso. Estas pruebas estaban compuestas por tres elementos: las mismas preguntas del pre-test,

cuyas respuestas pasaron a constituir el llamado pos-test, problemas de desarrollo y la confección de un mapa conceptual. Al rendir las tres pruebas oficiales del curso, se reunieron y ponderaron las preguntas que se repitieron del pretest y que pasaron a formar y constituir el pos-test y la conceptualización se ponderó a través de los mapas conceptuales solicitados en estas pruebas oficiales.

#### **IV. Variables**

Se tomó como variable independiente la metodología usada en las sesiones de ayudantía para enfrentar la resolución de problemas. Esta variable toma dos valores que corresponden a la metodología tradicional usada en el grupo control y a la metodología experimental en la cual se enfrenta la resolución de problemas en grupos de aprendizaje colaborativo-significativo. Las variables dependientes son el rendimiento y la conceptualización en ambos grupos. El rendimiento corresponde al promedio aritmético de tres pruebas oficiales rendidas por los estudiantes y la conceptualización corresponde, en esta investigación, al grado de fortalecimiento conceptual observada en los estudiantes al construir sus mapas conceptuales y que fue medido mediante una pauta que se describe más adelante.

#### **V. Instrumentos de medición**

Los instrumentos de medición considerados fueron cuatro: el pre-test y el pos-test, los “problemas tarea” entregados por los estudiantes al final de cada sesión de “ayudantía”, las pruebas oficiales y los mapas conceptuales construidos por los alumnos.

El pre-test y el pos-test se evaluaron en base a porcentajes, en donde el 100% corresponde a la totalidad de respuestas contestadas correctamente. El pre-test se tomó al comienzo del curso, a todos los estudiantes y el pos-test se construyó con las respuestas de los estudiantes en cada una de las pruebas oficiales. La comparación entre estos test nos permite establecer una comparación global entre ambas metodologías. Este instrumento fue validado de dos formas: primero se tomó la opinión de expertos y luego fue aplicado a un grupo de alumnos arrojando un coeficiente Alfa Cronbach de 0,87, lo que fue considerado como aceptable para la experiencia.

Los “problemas tarea” fueron ponderados con 0, 1 o 2 puntos según los problemas se resolvían en forma deficiente, regularmente aceptable o aceptable, según una pauta establecida previamente. Estos puntajes eran agregados como

premio o recompensa al puntaje de las pruebas oficiales constituyendo un aporte máximo de 5 décimas (en la escala de notas de 1,0 a 7,0) para aquéllos estudiantes que tenían el mayor puntaje en los “problemas tarea”. Por lo tanto este puntaje adicional en las pruebas oficiales está en directa relación con su rendimiento.

Las pruebas oficiales, tres en total, establecidas según la reglamentación en la universidad y cuyo contenido se explica en el diseño experimental anterior, fueron evaluadas de 1,0 a 7,0, según una pauta de corrección.

Tanto la elección de los “problemas tarea” como los problemas de la prueba fueron validadas por opinión de expertos. Estos expertos fueron dos profesores de la Universidad que tenían experiencia con la asignatura dictada y que conocían los objetivos de cada instrumento.

Los mapas conceptuales fueron evaluados considerando los siguientes cuatro elementos o criterios: Conceptos, jerarquización, enlaces y ejemplos. Se establece una escala asignando 4 puntos a cada criterio, los cuales al sumarse deben dar 16 puntos en total, para un mapa conceptual óptimo.

a) Conceptos, que hace referencia a la cantidad y calidad de los conceptos físicos utilizados en el mapa, considerando que éstos deben ser coherentes con el contexto de la unidad temática dada por la mecánica de la partícula.

b) Jerarquización, que tiene relación de subordinación de ciertos conceptos físicos a otros, dependiendo de su inclusividad.

c) Enlaces, que se relaciona con la capacidad del estudiante de relacionar los conceptos por medio de frases o palabras.

d) Ejemplos, que tiene relación con la capacidad del alumno de introducir ejemplos aclaratorios a su mapa conceptual.

Las escalas evaluativas para cada criterio presentan estructura de puntajes de 1 a 4, establecida por acuerdo entre los profesores y cuyo detalle no se especifica en este artículo, para no extenderse demasiado. La información de los puntajes obtenidos es triangulada por los dos profesores ayudantes e investigadores; se realiza en forma separada, de modo que la apreciación personal de cada uno de los investigadores sobre cada uno de los mapas conceptuales no sea influenciada por la opinión del otro. Luego de haber elaborado la tabla de puntajes de cada uno de los grupos por parte de cada uno de los investigadores, se procede a juntar y consensuar el valor del puntaje a asignar a cada uno de los criterios, de modo de disminuir al máximo la subjetividad en la evaluación y en la investigación.

## VI. Análisis de resultados

Los datos correspondientes a la fase cuantitativa para medir rendimiento y conceptualización de los estudiantes fueron tratados a través de programa estadístico SPSS. Las observaciones de campo, correspondiente a la fase cualitativa se fue registrando en cada una de las sesiones a través de notas de campo.

Si bien la investigación no planteaba entre sus objetivos el análisis global de los aprendizajes de los estudiantes, nos pareció interesante visualizar los resultados correspondientes al pre-test y pos-test, que se representan en el gráfico N° 1. Al observar los resultados obtenidos en este gráfico, se aprecia la diferencia inicial existente en los dos grupos ya que el grupo experimental viene con un porcentaje de 13% de respuestas correctas en cambio el grupo control obtiene un resultado de un 20%, la diferencia inicial es de un 7%. Esta diferencia muestra que el punto de partida entre los grupos es desigual.

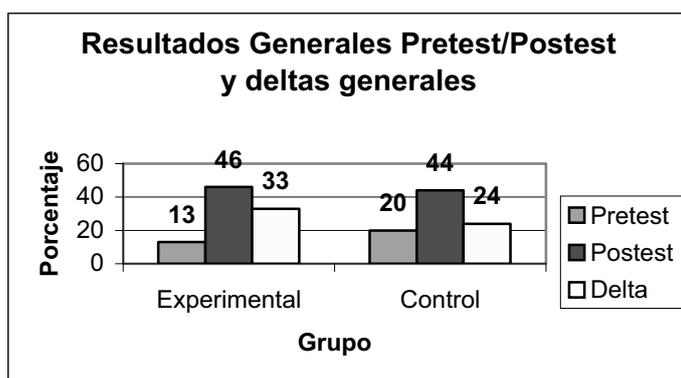


Gráfico 1 - Se representan los porcentajes de aciertos en los grupos experimental y control para el pre-test y pos-test.

El grupo experimental presenta una mayor cantidad de aciertos, un 46%, mientras que el grupo control obtiene un 44% de aciertos, existiendo una diferencia porcentual de sólo un 2%. Si bien es cierto esta diferencia es poco relevante, es necesario considerar que el porcentaje de partida en ambos grupos es diferente. El grupo experimental tuvo un aumento en su aprendizaje representado por un “delta” de un 33%, en cambio la diferencia obtenida por el grupo control es de solo un 24%, ya que el primero partió en un 13% de aciertos y llegó a un 46%, en cambio, el grupo experimental partió mas adelante en un 20% llegando al 44%, valores

representados por la columna blanca. Este análisis sólo representa un panorama general del nivel de aprendizaje procedimental de los estudiantes, por lo que se hace necesario saber cómo afectó la metodología planteada en el rendimiento y en la conceptualización de los estudiantes.

## **VII. Observaciones de campo**

Los profesores a cargo de cada grupo registran “notas de campo” durante las sesiones de trabajo y al final de ellas. De estas notas de campo se señalan los aspectos más destacados en el trabajo con los estudiantes que contemplan su organización, el lenguaje utilizado entre ellos y con su profesor, el contenido de sus preguntas, la interpretación que hacen de los enunciados de los problemas, la forma de planificar su trabajo, la empatía entre los miembros de cada grupo y su productividad.

En el grupo experimental los alumnos trabajaron en subgrupos formados por 4 personas. Inicialmente, al implementar la metodología de aprendizaje colaborativo-significativo, luego de conformarse los grupos de trabajo, se observa que “el trabajo no es muy productivo, ya que ningún integrante lidera totalmente, por lo que la organización es escasa. Los estudiantes se muestran desorientados, desconcertados, esperando alguna instrucción del profesor ayudante. Ante el desconcierto buscan en su cuaderno algo que los oriente, un ejercicio semejante que copiar. El ayudante se pasea por los grupos, escuchando sus observaciones y conflictos para orientarlos con la organización de los grupos de trabajo, instando a los alumnos a leer comprensivamente los enunciados, a concensuar sus significados, a comunicarse entre ellos y con el ayudante a discutir sus estrategias de solución. Se observa dificultad y temor para expresarse verbalmente y también para expresarse en forma escrita.

Posteriormente se observa que emergen líderes en cada grupo. Estos líderes son aquellos alumnos que al parecer tienen mejor dominio de los contenidos. Son aquellos que presentan una mayor cantidad de argumentos a la hora de discutir la estrategia para solucionar un ejercicio. Sin embargo son inseguros y necesitan la reafirmación gestual de su ayudante ante lo cual son capaces de dirigir una discusión explicando a sus compañeros con un lenguaje que va evolucionando en la medida en que se adaptan a la metodología. Los grupos entre sí son bastantes heterogéneos, no obstante, esta condición ayuda a que los estudiantes que menos conceptos dominan, aprendan, con ayuda del compañero y éste, a la vez, refuerce su propio conocimiento, promoviendo así la retroalimentación necesaria en un am-

biente colaborativo.

Existen 5 grupos, los cuales se sientan siempre en el mismo lugar. Con el correr del tiempo, trabajan eficientemente en equipo, logrando una buena comunicación entre ellos y con el ayudante. Cada vez logran avanzar más, adquiriendo estrategias consensuadas en cada grupo frente a la resolución de problemas.

Al transcurrir el tiempo el grupo experimental en lo general, se observa, homogéneo en lo procedimental, son capaces de verbalizar el procedimiento de resolución de un problema, reflexionando antes de resolverlo y argumentando entre ellos cuál es la mejor forma de abordarlo. Ya no requieren del cuaderno para ver fórmulas o copiar la forma de resolver un problema parecido sino que la discusión se vuelve más conceptual.

El trabajo en el grupo control es más rígido. El profesor llega a la sala e indica a sus alumnos que tengan a la vista la lista de ejercicios y les señala cuáles resolverá. Lee el problema y le da su propia interpretación que los alumnos no cuestionan. Los alumnos copian en sus cuadernos lo que el profesor ayudante escribe en la pizarra, en silencio. En contadas ocasiones los alumnos repitentes hacen consultas acerca de lo que dice en la pizarra como “profesor que dice ahí”, pero no para aclarar algún concepto. El profesor termina de resolver y pregunta “alguien tiene alguna duda” o “alguien tiene alguna consulta”. Los alumnos sólo solicitan que no escriba tan rápido, pero no para reflexionar sobre la solución, sino para alcanzar a copiar todo lo escrito en la pizarra. Los alumnos se disponen en la sala ordenadamente, demuestran entender lo explicado y a la hora de resolver en forma individual los “problemas tarea” proceden a repetir los mismos procedimientos mostrados por su profesor. Resuelven rápidamente para entregar la tarea, observando la de sus compañeros, como queriendo salir pronto de esta obligación.

Al principio los alumnos atribuyen las diferencias metodológicas en ambos grupos a las diferencias normales de caracteres entre los dos profesores ayudantes; el grupo control se siente favorecido por una práctica tradicional en que el profesor le presenta los ejercicios resueltos y el grupo experimental desfavorecido debido al esfuerzo adicional que le significa el trabajo grupal. Durante toda la experiencia el grupo control o tradicional completa su sesión de trabajo antes que el grupo experimental y a medida que transcurre el tiempo el grupo experimental, a pesar que cumple la tarea en el tiempo requerido para ello, continúa su trabajo en forma extraordinaria motivado por la capacidad adquirida en la resolución de problemas. Esto perturba a los estudiantes del grupo control que al notar que sus compañeros del grupo experimental van obteniendo mejores resultados solicitan a la profesora del curso un cambio de grupo aduciendo diferentes razones. Es probable

que en este punto haya una contaminación entre ambos grupos, ya que al negársele el cambio de grupo estos alumnos comienzan a acercarse al grupo experimental fuera de la sesión de ayudantía lo que pudiera cambiar los resultados finales; sin embargo se debe recordar que en las sesiones de taller el trabajo del ayudante siempre tomó como base de su ayuda el estado cognitivo presente de sus propios alumnos.

### VIII. Rendimiento

El rendimiento obtenido por cada estudiante está relacionado con las calificaciones obtenidas por ellos en cada una de las pruebas oficiales. Los resultados del rendimiento de ambos grupos se representan en el gráfico 2. Las pruebas oficiales, en la escala de 1,0 a 7,0, muestran los valores 3,8; 3,9 y 4,4 para el grupo experimental y los valores 3,8; 3,7 y 3,4 para el grupo control para las tres pruebas oficiales consideradas.

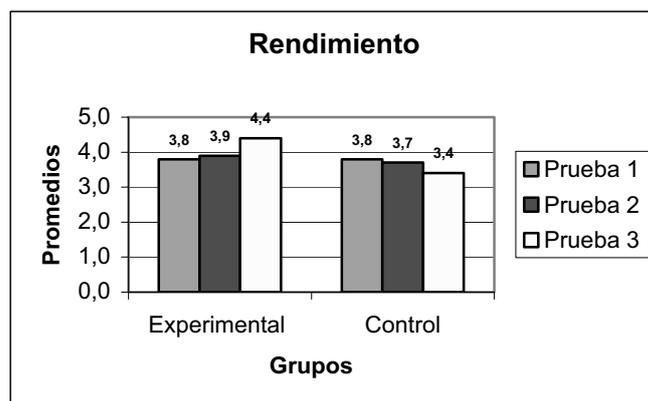


Grafico 2 - Representa los promedios obtenidos en cada una de las pruebas oficiales.

Se observa que existe una tendencia al alza de los promedios en el grupo experimental y una disminución en los promedios para el grupo control. Por cierto los resultados no muestran grandes diferencias al inicio del experimento, sin embargo existe una tendencia a mejorar el rendimiento en el grupo experimental y a disminuirlo, en el grupo control. Cabe considerar que la nota 3,8 correspondiente a la primera prueba oficial y que es común para ambos grupos no indica necesaria-

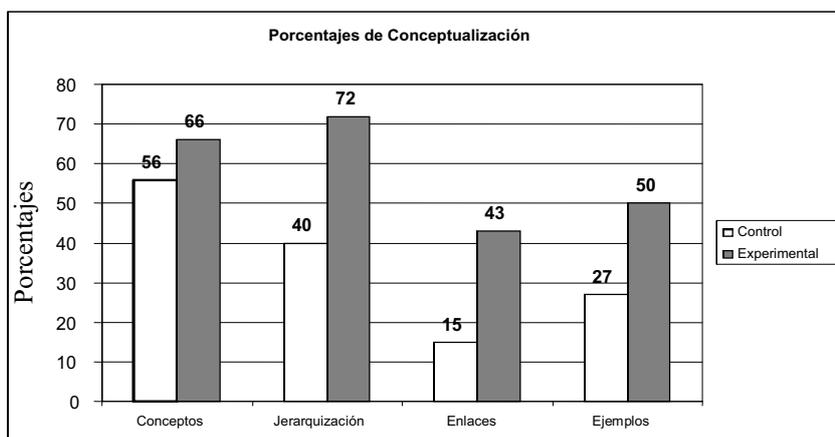
mente que las metodologías usadas sean indiferentes para los alumnos. De hecho, al observar el gráfico 1, podemos ver que las condiciones de entrada del grupo experimental eran más bajas en comparación al grupo control y que las primeras cuatro sesiones de trabajo colaborativo-significativo lograron equiparar a ambos grupos. La diferencia más notoria se presenta en la tercera prueba lo que permite extrapolar mayores diferencias si se continuara trabajando con esta metodología.

## **IX. Conceptualización**

En el gráfico 3 se presenta una comparación entre la conceptualización de los estudiantes para los grupos experimental y control. Como se explicó con anterioridad la variable conceptualización se dividió en cuatro categorías: conceptos, jerarquización, enlaces y ejemplos. Con relación al número de conceptos que los estudiantes asocian con cada uno de los temas estudiados la diferencia entre los porcentajes, control 56% y experimental 66%, no es tan significativa como la diferencia entre las otras tres categorías restantes. Al observar los mapas conceptuales de estos alumnos es muy claro distinguir que los alumnos del grupo control disponen de un determinado conjunto de conceptos que se presentan de manera aislada, no correlacional, como si no fueran parte de un cuerpo teórico único que forma un solo campo conceptual. Por cierto la diferencia de un 32% en la categoría jerarquización entre ambos grupos pone de manifiesto el carácter de subordinación que los alumnos del grupo experimental son capaces de distinguir, desde lo más general o inclusivo hacia lo más particular. Si además se observa la categoría enlaces, que es la categoría que presenta mayor dificultad en los estudiantes ya que se debe relacionar cada uno de los conceptos con los otros, la diferencia de un 28% y con sólo un 15% de aciertos para el grupo control, refuerza nuevamente la idea que estos alumnos no logran relacionar cada uno de los conceptos de mecánica como parte de un solo cuerpo teórico. Por cierto que los ejemplos, con una diferencia de un 23%, que a pesar de encontrarse dentro de la categoría de pensamiento concreto, por representar ejemplos de la vida diaria, no reflejan los mejores puntajes lo que al parecer sería indicativo, en ambos casos, que los estudiantes disocian la teoría de la realidad. A pesar de ello el grupo experimental aporta mejores porcentajes (50%) que el grupo control (27%).

## X. Conclusiones

El análisis realizado con anterioridad, permite visualizar que si bien los logros obtenidos en el rendimiento, no son los más destacados, el grado de conceptualización que construyen los alumnos, sometidos a la metodología denominada colaborativa-significativa son los más promisorios. Mayoritariamente las pruebas oficiales en las carreras de Ingeniería contienen problemas de lápiz y papel que los estudiantes deben resolver. En la mayoría de los casos los alumnos, con una enseñanza tradicional, aprenden algoritmos de resolución que copian o imitan de otros problemas semejantes. No es frecuente que se consideren en las evaluaciones de estos cursos la conceptualización de los estudiantes, a pesar de ser uno de los elementos fundamentales en el proceso de construcción del conocimiento científico.



*Grafico 3 - Representa los promedios en los porcentajes de logro en la conceptualización, medida a través de los tres mapas conceptuales construidos por los alumnos, en los criterios conceptos, jerarquización, enlaces y ejemplos.*

Una mirada rápida sobre el rendimiento en los estudiantes haría concluir que independientemente de las metodologías empleadas para la enseñanza, los resultados obtenidos por los alumnos serían semejantes y por tanto no valdría la pena hacer esfuerzos tendientes a mejorarlos, sin embargo si se diera una ponderación de mayor relevancia a la conceptualización de los estudiantes es probable que nuestro sistema evaluativo sea más justo y más cercano a una interpretación más real sobre la construcción conceptual de nuestros estudiantes.

A partir de esta experiencia podemos concluir que el acercamiento que proporciona el aprendizaje cooperativo significativo con los estudiantes, favorece en ellos la discusión, la adopción del lenguaje científico apropiado para expresar sus ideas, la subordinación de conceptos, la acomodación de los nuevos conceptos a su estructura cognitiva, la aceptación del otro en sus opiniones obligándose a revisar sus propias concepciones mediante un proceso de recursividad que, en consecuencia, derivará en una diferenciación progresiva de cada uno de los conceptos involucrados en su campo conceptual permitiendo en cada estudiante una construcción conceptual estable, sólida, relacional y no arbitraria y que representan los requisitos mínimos necesarios para un aprendizaje significativo.

Por cierto esta experiencia duró sólo un semestre, pero el análisis realizado confirma que si la metodología se extendiera por más tiempo una extrapolación de los resultados arrojaría mejores índices tanto en el rendimiento como en la conceptualización de los estudiantes.

Si bien es cierto existe una amplia literatura acerca de las ventajas del aprendizaje cooperativo en las escuelas, esta línea de investigación, dirigida a estudiantes universitarios abre nuevas perspectivas que conduzcan a la construcción de aprendizajes significativos en los futuros profesionales. El trabajo grupal facilita la sociabilización entre los diferentes protagonistas del proceso educativo: entre compañeros surge espontáneamente la necesidad del trabajo en equipo, baja la tensión en el estudio al compartir con otros sus dificultades, los alumnos se acercan con más facilidad a sus profesores, se observa gratitud en los alumnos por el esfuerzo de sus profesores por comprender y atender a sus dificultades y por lo tanto surgen lazos afectivos que favorecen el aprendizaje, entre otras características.

Por otro lado dado que este trabajo apunta hacia dos aspectos, el rendimiento y la conceptualización, es deseable continuar, en investigaciones futuras, trabajando con los estudiantes universitarios para visualizar cómo hacer cambios en la evaluación tan restringida a que se someten a los estudiantes de Física. Estos cambios deberían considerar no tan solo la resolución de problemas o el fortalecimiento conceptual sino que también el interés por el trabajo de los estudiantes, es decir buscar e investigar cómo incluir en las evaluaciones de ellos los aspectos actitudinales observados, situación que habitualmente no es considerada en la evaluación.

## **Agradecimientos**

Se agradece a la Dirección General de Investigación de la Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación por el apoyo recibido a través del proyecto CNEI 050607.

## **Referencias**

ACEVEDO J. A.; BOLÍVAR J. P.; LÓPEZ-MOLINA E. J.; TRUJILLO M. Sobre las concepciones en dinámica elemental de los adolescentes formales y concretos y el cambio metodológico. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n. 1, p. 27-34, 1989.

BRAGA, L.; GALLARDO, R.; CALDERÓN, M.; MORALES, J.; KLING, N. Espectro de dificultades que presentan los alumnos que ingresan a la Universidad de Concepción en las carreras de Ingeniería y Licenciatura en Física. Concepción, Chile, 2002. Disponible en: <<http://www.profisica.cl/docs/archivo.php>>. Revisado el 05 de mayo del 2006.

BRICKNER, M.A.; HARKINS, S.; OSTROM, T. Personal involvement: Thought provoking implications for social loafing. **Journal of personality and Social Psychology**, v. 51, p. 763-769, 1986.

CALVO J. L.; SUERO M. I.; PÉREZ A. L.; PEÑA J. J.; RUBIO S.; MONTANERO, M. Preconcepciones en Dinámica: su persistencia en los niveles universitarios. **Revista Española de Física**, v. 6, n. 3, p. 39-43, 1992.

CARRASCOSA J.; GIL PÉREZ D. Concepciones alternativas en Mecánica. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 3, p. 314-328, 1992.

CLEMENT, J. Students' preconceptions in introductory mechanics. **American Journal of Physics**, v. 50, n. 1, p. 66-71, 1982.

CLEMENT, J.; BROWN, D.; ZIETSMAN, A. Not all preconceptions are misconceptions: finding anchoring conceptions for grounding instructions on student' intuitions. **International Journal of Science Education**, v. 11, Especial Issue, p. 554-565, 1989.

DAMON, W.; PHELPS, E. Critical distinctions among three approaches to peer education. **International Journal of Education Research**, v. 13, p. 9-19, 1989.

DISESSA, A.; SHERIN, B. What changes in conceptual change? **International Journal of Science Education**, v. 20, n. 10, p. 1155-1191, 1998.

DUIT, R. Students' conceptual frameworks consequences for learning science. In: GLYNN, S.; YEANY, R.; BRITTON, B. (Eds.). **The Psychology of Learning Science**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1991.

DUSCHL, R. Epistemological perspectives on conceptual change: implications of educational practice. **Journal of research in science teaching**, v. 28, n. 9, p. 839-858, 1991.

DUSCHL, R. **Renovar la enseñanza de las ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo**. Madrid: Narcea, 1997.

ECHEITA, G. El aprendizaje cooperativo. Un análisis psicosocial de sus ventajas respecto a otras estructuras de aprendizaje. In: FERNÁNDEZ, P.; MELERO, A. (Comps). **La Interacción social en contextos educativos**. Madrid: siglo XXI, 1995.

FABRA, M. L. El trabajo cooperativo: revisión y perspectivas. **Aula de Innovación Educativa**, v. 9, p. 5-12, 1992.

FINEGOLD, M.; GORSKY, P. Students' concepts of force as applied to related physical systems: A search for consistency. **International Journal of Science Education**, v. 13, n. 1, p. 97-113, 1991.

FURIÓ, C.; CARNICER, J. El desarrollo profesional del profesor de ciencias mediante tutorías de grupos cooperativos. Estudio de ocho casos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n. 1, p. 47-73, 2002.

GIORGI, S.; POZZO, R.; CONCARI, S. Cuerpos en Movimiento: Un estudio de Investigaciones Publicadas y de las representaciones de los estudiantes universitarios. **Ciencia, Docencia y Tecnología**, n. 31, año XVI, p. 199-218, 2005.

HERNÁNDEZ M. Fuerza y movimiento. **Revista Española de Física**, v. 10, n. 2, p. 44-51, 1996.

HESTENES, D.; WELLS, M.; SWACKHAMER, G. Force Concept Inventory. **The Physics Teacher**, v. 30, p. 141-158, 1992.

<<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>>

IANELLO M. G.; MAYER M.; SCALZO F.; STILLI R.; VICENTINI MISSONI M. Le conoscenze in Fisica all'inizio dei corsi universitari in Italia. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 3, p. 268-274, 1992.

JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. **Learning together and alone**. New Jersey. Prentice Hall: Englewood Cliffs, 1987.

JOHNSON, D. W.; JOHNSON, R. **Cooperation and competition. Theory and research**. Hillsdale, NJ: Addison-Wesley, 1990.

KARAU, S. J.; WILLIAMS, K. D. Social loafing. A meta-analytic review and theoretical integration. **Journal of personality and social psychology**, v. 65, p. 681-706, 1993.

LEÓN, B. **Elementos mediadores en la eficacia del aprendizaje cooperativo: entrenamiento en habilidades sociales y dinámica de grupos**. Tesis (Doctoral) - Servicio de publicaciones, Universidad de Extremadura, España.

LOPEZ, E.; SILVA, R.; ROJAS C. Persistencia de concepciones erróneas pregali-leanas en los conceptos de fuerza y movimiento en estudiantes universitarios: una evaluación conceptual. **Visiones Científicas**, v. 6, n. 2, 2003.

MOHAPATRA, J. Pupils, teacher, induced incorrect generalization and the concept of force. **International Journal of Science education**, v. 11, n. 4, p. 429-436, 1989.

MORAES, A. M.; MORAES, I. J. A avaliacao conceitual de forza e movimento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 2, 2000.

POSNER, G.; STRIKE, K.; HEWSON, P.; GERTZOG, W. Accommodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change. **Science Education**, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.

POZO, J. I. **Aprendizaje de la Ciencia y Pensamiento Causal**. Madrid: Visor, 1987.

POZO, J. I. **Psicología de la comprensión y el aprendizaje de las ciencias**. Curso de actualización científica y didáctica. Ministerio de educación y ciencia. España, 1995.

SEBASTIA, J. M. Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes. **En-**

**enseñanza de las ciencias**, v. 2, n. 3, p. 161-169, 1984.

SILVEIRA, F. L.; MOREIRA, M. A.; AXT, R. Estructura interna de testes de conhecimento em Física: um exemplo em Mecânica. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 10, n. 2, p. 187-194, 1992.

SLAVIN, R. E. **Cooperative learning. Theory, research and practice**. New Jersey: Englewood Cliffs, 1990.

THIJS, G. Evaluation of an introductory course on force considering students preconceptions. **Science Education**, v. 76, n. 2, p. 74-155, 1992.

THORNTON, R. K. Conceptual Dynamics. Changing student views of force and motion. In: BERNARDINI, C.; TARSITANI, C.; VICENTINI, M. (Eds). **Thinking Physics for teaching**. New York: Plenum press, 1995. p. 157-184.

TRUMPER, R.; GORSKY, P. A cross-college age study about Physics students conceptions of force in pre-service training for high school teachers. **Physics Education**, v. 31, n. 4, p.227-236, 1996.

VÁZQUEZ ALONSO, A. El paradigma de las concepciones alternativas y la formación de los profesores de ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 1, 1994, p. 3-14, 1994.

VIENNOT, L. La didáctica en la enseñanza superior, ¿para qué? **Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, n. 1, p. 3-13, 1989.

WILLIAMS, K. D.; HARKINS, S.; LATANÉ, B. Identificability as a deterrent to social loafing: two cheering experiments. **Journal of Personality and Social Psychology**, v. 40, p. 303-311, 1981.