

# **Tesis de Maestría en Docencia Universitaria**

## ***Experimentos cruciales de laboratorio y enriquecimiento conceptual en el aprendizaje de la Física***

Edgardo Alejandro Gutierrez

Director:

Mgter. Ing. Vicente Conrado Capuano

Co-Directora:

Dra. Rosanna Paula Forestello

**AÑO 2018**

## ÍNDICE

Capítulo 1: Contextualización y justificación del tema de investigación .....	3
1.1. Las Ideas Previas y el Cambio Conceptual en la Enseñanza de la Física .....	3
1.2. Las “experiencias cruciales” en la enseñanza de la Física .....	6
1.3. Formulación del problema .....	12
1.4. Objetivos de la investigación.....	14
1.5. Supuestos de Anticipación de Sentido .....	14
1.6. Estado del Arte .....	15
1.7. Un recorrido descriptivo de modelos, en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias	33
Capítulo 2: Marco Teórico.....	38
2.1 Sobre las Ideas Previas .....	38
2.2 Sobre el Cambio Conceptual.....	40
2.3 El Conflicto Cognitivo .....	47
2.4 Enseñar.....	54
2.5 Enseñanza de la Ciencia e Investigación en el Nivel Superior.....	56
2.6 Una concepción actual sobre la Enseñanza de las Ciencias Naturales .....	57
2.7 La Física .....	64
2.8 La Enseñanza Universitaria de la Física en las Carreras de Ciencias: algunos aspectos de su problemática .....	65
2.9. La Actividad Experimental y el Enriquecimiento Conceptual, como ejes de la presente investigación .....	72
Capítulo 3: Encuadre Metodológico .....	76
3.2 La Ciencia y su clasificación.....	77
3.3 Metodología de la Investigación.....	78
3.4 Unidades de Análisis .....	85
3.5 Variables del estudio.....	85
3.5.1 Variables independientes.....	85
3.5.2 Variables dependientes.....	86
3.6 Instrumento de recolección de datos seleccionado .....	87
3.8 Sobre la PET y la PEC .....	92
3.9 Sobre el Software empleado.....	94
3.10 Sobre la Probabilidad “P” utilizada .....	94
Capítulo 4: Contexto Institucional de la Investigación.....	97

4.1 La Universidad Nacional de Córdoba .....	97
4.2 La Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNC.....	99
4.3 El Departamento de Física, en la FCFyN de la UNC.....	101
4.4 La Física en los planes de estudio de la FCFyN.....	103
4.5 La presencia de la Física en las carreras de Biología y Geología.....	106
Capítulo 5: Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados .....	111
5.1 Verificación “Estadística” de Equivalencia de Grupos .....	111
5.2 ¿Cómo cuantificar el Enriquecimiento o Evolución Conceptual? .....	118
5.3 Caracterización de las respuestas de los estudiantes a las preguntas .....	121
5.4 Clave de Corrección de preguntas del cuestionario y su puntuación.....	133
5.5 ¿Qué respuesta es considerada bien, regular o mal?.....	133
5.6 Acerca de la presencia de Ideas Previas conocidas: su análisis estadístico.....	138
5.7 Discusión sobre las Ideas Previas de los alumnos en relación a fuerzas y cuerpos en movimiento.....	143
5.8 Acerca del Enriquecimiento Conceptual: su análisis y discusión.....	155
5.8.1 ANOVA comparando la diferencia de nota total entre el postest y el pretest del Grupo Experimental vs. Grupo Control (con todas las preguntas del cuestionario) .	156
5.8.2. ANOVA comparando la diferencia de nota solo en preguntas de plano inclinado entre postest y pretest, de GE vs. GC. ....	157
5.8.3 ANOVA comparando diferencia de nota en las preguntas 6.I, 6.II, 6.III, 7.a, 7.b, 7.c, 8.a, 8.b, y 8.c, entre el postest y el pretest, de GE vs. G C. ....	158
5.9 Otro tipo de análisis: comparación por pregunta .....	160
5.10 Discusión sobre el Enriquecimiento Conceptual de los alumnos .....	169
Capítulo 6: Conclusiones y Recomendaciones Finales.....	182
6.1 Verificación de los Supuestos de Anticipación de Sentido .....	182
6.2 Conclusiones finales.....	184
6.3 Algunas recomendaciones finales.....	190
Referencias Bibliográficas .....	193
ANEXOS .....	203
<i>Anexo 1: Cuestionario .....</i>	<i>203</i>
<i>Anexo 2: Práctica Experimental Crucial (PEC).....</i>	<i>208</i>
<i>Anexo 3: Práctica Experimental Tradicional (PET).....</i>	<i>215</i>
<i>Anexo 4: Programa de Física I (Ciencias Geológicas).....</i>	<i>221</i>
<i>Anexo 5: Programa de Física I (Biología) .....</i>	<i>231</i>

## Capítulo 1: Contextualización y justificación del tema de investigación

Este Capítulo se inicia mostrando la importante y directa relación existente entre conceptos tales como ideas previas, conflicto cognitivo, historia de la Física como metodología de enseñanza, experiencias cruciales, cambio conceptual en el ámbito concreto de la Enseñanza de la Física y, específicamente, en lo referido al movimiento de los cuerpos y las fuerzas intervinientes. Posteriormente, se formula el problema que da sustento a la presente investigación y paralelamente, se da cuenta de los objetivos y supuestos de anticipación de sentido de la misma. Por último, se presenta el estado del arte que contextualiza este estudio.

### 1.1. Las Ideas Previas y el Cambio Conceptual en la Enseñanza de la Física

Docentes y estudiantes tienen una opinión coincidente en apreciar que los cursos de Física, en el nivel medio y universitario, presentan serias y variadas dificultades a los alumnos, y numerosos trabajos de investigación en enseñanza de las ciencias corroboran este juicio de valor (Guisasola Aranzabal, J. y otros, 2003; Clement, J., 1982; McDermott, L. C., 1997).

Para el caso concreto de las ciencias, hasta mediados de los años setenta las teorías del aprendizaje que eran insumo y uno de los cimientos de las prácticas de enseñanza, se apoyaban en gran medida, en la teoría piagetiana del desarrollo cognitivo. A partir de la segunda mitad de esa década, las aportaciones de Piaget se vieron complementadas a partir de un hecho relevante: la constancia empírica de que los alumnos, antes de acceder al proceso de enseñanza formal, desarrollan un pensamiento propio sobre los fenómenos naturales, comprobándose también que gran parte de estas ideas permanecen inalteradas. Esta evidencia ha llevado a los profesores de ciencias y, fundamentalmente, a los investigadores a preguntarse sobre el origen de las mismas y su interferencia con el proceso de enseñanza, existiendo desde entonces un gran interés por conocer cuáles son esas “ideas

previas” de los alumnos, ya que, según la teoría del aprendizaje de David Ausubel (1997), sólo se logrará que éste sea significativo, si los docentes parten del conocimiento de las mismas, para construir nuevos esquemas conceptuales.

Por otra parte, las estrategias de enseñanza no constituyen una ruta que el docente tiene que seguir linealmente, en la cual todos los problemas encuentran solución sobre la base de fórmulas seguras y mágicas. La habilidad para tomar decisiones pertinentes para resolver situaciones de enseñanza, el dominio por parte del profesor de los contenidos del programa y de principios didácticos que orienten su accionar, así como las habilidades para recabar información acerca de las dificultades de aprendizaje, de sus problemas personales, del modo como entienden los estudiantes, resultan centrales. Por ello, se sostiene que ningún *método o estrategia didáctica* por si sola representa una garantía de enseñanza exitosa (Rivero, 1999).

Afirmando lo dicho anteriormente, en lo referido al aprendizaje, se abreva en las teorías socioculturales que sostienen que el sujeto construye los conocimientos y que esa construcción está condicionada por los conocimientos ya construidos e instalados en su estructura de pensamiento, sin dejar de considerar en la misma, su trayectoria personal, familiar, cultural y social.

En este proceso de aprendizaje se hace necesario reconocer aquellos conceptos que aparecen como unificadores o hilo conductor en el contexto y el conjunto de diferentes teorías, y aquellos otros, que en base a la confrontación con la realidad, se acomodan, se modifican y se amplían. El alumno, en su intento por explicar distintos fenómenos que ocurren a su alrededor, genera espontáneamente ideas que pasan a ser sus preconceptos o ideas previas. Puestos en evidencia, es necesario que experimente contradicciones, generarle un conflicto cognitivo, para que en la medida que trascienda, alcance nuevos niveles de abstracción. Aprender significados es realizar un proceso de construcción, modificando en la medida de lo posible, las ideas que se tienen como consecuencia de la interacción con los conocimientos nuevos. El alumno aprende *con* y *contra* sus preconceptos, ideas previas o concepciones alternativas (Gutierrez y Capuano, 2008).

Análogamente, para algunos autores, el *conflicto cognitivo* no parece ser del todo suficiente para rechazar definitivamente una concepción alternativa (Nussbaum y Novick, 1982; Mulford y Robinson, 2002). Los alumnos pueden siempre proponer hipótesis auxiliares para salvar sus teorías implícitas. Retomando lo sostenido por Pozo (1992), las concepciones alternativas resultan de, o son, teorías personales implícitas con las cuales los no expertos en un área, interpretan lo que sucede a su alrededor.

En general, según expresan Pozo Municio y Gómez Crespo (1998) las ciencias cognitivas no descubren cómo son las cosas indagando en lo real, sino que construyen modelos y a partir de ellos simulan ciertos fenómenos comprobando su grado de ajuste a lo que conocemos de la realidad. Aprender ciencia debería ser, en consecuencia, una tarea de comparar y diferenciar modelos, y no solamente de adquirir saberes *absolutos y verdaderos*.

El llamado *cambio conceptual*, necesario para que el alumno progrese desde sus conocimientos intuitivos hacia los conocimientos científicos, requiere pensar en los diversos modelos y teorías desde donde se puede interpretar la realidad. La ciencia necesita ser considerada como un proceso, y no un producto acumulado en forma de teorías o modelos, y es necesario trasladar a los alumnos ese carácter dinámico y perecedero de los saberes científicos, logrando que perciban su provisionalidad y su naturaleza histórica y cultural. Se tendría que enseñar la ciencia como un saber histórico y provisional, intentando hacerles participar a los alumnos, de algún modo, en el proceso de elaboración del conocimiento científico, con sus dudas e incertidumbres, lo cual requiere de ellos también una forma de abordar el aprendizaje como un proceso constructivo, de búsqueda de significados e interpretación, en lugar de reducir el aprendizaje a un proceso repetitivo o reproductivo de *conocimientos precocinados*, listo para el consumo.

El tema de las ideas previas o preconceptos, en el mundo, constituye un problema de gran interés en la Didáctica de las Ciencias y como tal, viene siendo desde hace ya tres décadas al menos, una línea de investigación didáctica de gran importancia,

como lo muestran los numerosos trabajos realizados en este campo (Carrascosa Alís, 2005).

Si se compara la evolución seguida por una teoría física en el tiempo, y los preconceptos de los científicos involucrados en ella, se encuentra una interesante analogía con los problemas que aparecen en el proceso de conceptualización de los alumnos, al abordar una situación física problemática. El proceso de conceptualización que sigue el sujeto durante su aprendizaje de la Física, guarda cierta similitud con el seguido por el pensamiento científico.

Las concepciones que ponen de manifiesto los estudiantes en sus esquemas explicativos reproducen, en muchos casos, estructuras conceptuales que, históricamente, se dieron en el proceso de construcción del pensamiento científico. Si los estudiantes entendieran cómo evoluciona el conocimiento científico y como el contexto histórico, filosófico y tecnológico influye en su desarrollo, entonces adquirirían un punto de vista más comprensivo y, como consecuencia, estarían mejor predispuestos para involucrarse en el aprendizaje de la ciencia.

Cabe referirse a la escasa utilización que se hace en los libros de texto de la historia de la ciencia para ilustrar el origen y la evolución de determinados conceptos físicos y también químicos, tales como fuerza, calor, sustancia, elemento, ácido, etc., lo que, sin duda, podría ayudar a cuestionar algunas ideas alternativas y a una mejor comprensión de los significados de tales conceptos en un contexto dado (Furió y Guisasola, 2001).

### 1.2. Las “experiencias cruciales” en la enseñanza de la Física

El aula puede facilitar al estudiante el establecimiento de una relación entre observación y teoría, y suministrarle la oportunidad para conocer como los científicos tratan las teorías alternativas y/o métodos para elegir la más apropiada y de esta manera llegar a conclusiones.

Autores constructivistas dan cuenta en investigaciones realizadas acerca de la enseñanza de la Física, sobre el uso de la historia de la Física como una metodología a seguir en el proceso instruccional, para facilitar y lograr el enriquecimiento conceptual en los estudiantes (Sánchez Ron, J. M., 1988).

Si se analiza la historia de la Física, desde tiempos remotos hasta nuestros días, se pueden identificar numerosas e importantes experiencias llevadas a cabo por científicos, que podrían definirse como *experiencias cruciales*, puesto que las conclusiones a las que llegaron, marcaron un hito referencial en la evolución del conocimiento científico, dando lugar al descubrimiento de nuevas leyes, y en algunos casos, dejando de lado otras.

A título de ejemplo, entre estas experiencias se pueden mencionar, la medición de la circunferencia terrestre (Eratóstenes – Siglo III A.C.), el cuestionado experimento de la torre de Pisa (Galileo, Siglo XVII), el experimento del plano inclinado (Galileo, Siglo XVII), la descomposición de la luz solar mediante un prisma (Newton, 1665), el experimento de la balanza de torsión (Cavendish, 1798), el experimento de la interferencia de la luz (Young, 1801), el péndulo de Foucault (Foucault, 1851), el experimento de la gota de aceite (Millikan, 1909), el descubrimiento del núcleo (Rutherford, 1911), la difracción del electrón en una doble rendija (Johnson, 1961), entre otras.

La enseñanza basada en la transferencia de conocimientos como pueden ser definiciones, leyes y descripciones, no modifican sustancialmente las formas de pensamiento, puesto que no propician procesos constructivos, que iniciados a partir de una situación problemática, establezcan la necesidad de definir operativamente, formular hipótesis, establecer modelos y validar resultados, a los cuales se llegue a través de un razonamiento hipotético-deductivo.

Por un lado, se sabe que los trabajos prácticos de laboratorio constituyen actividades muy útiles en los procesos de enseñanza y en los procesos de aprendizaje de la Física (Salinas y Colombo, 1992; Capuano y otros, 1997). Esto se hace efectivo siempre y cuando se logre que el alumno reflexione críticamente

acerca del trabajo experimental, no lo desarrolle mecánicamente al estilo de una receta y que la experiencia diseñada logre despertar su interés (Salinas, 1996b).

Las prácticas de laboratorio como actividades de mera ilustración son cuestionables (Gil Pérez y Valdez Castro, 1996). El alumno tiene que ser el principal actor en este ámbito y sentirse partícipe de la formación de su propio conocimiento. Los trabajos prácticos de laboratorio de Física resultan una actividad motivadora para los alumnos cuando se los integra con la teoría que le da sustento, partiendo de situaciones problemáticas concretas. Esto posibilita despertar en los estudiantes actitudes de búsqueda, análisis reflexivo y crítico e investigación, que a veces se encuentran aletargadas.

En el ámbito específico del Laboratorio de Enseñanza de la Física a nivel universitario, se pueden desarrollar numerosas experiencias prácticas que, en la medida que traten de reproducir algunas de estas experiencias cruciales, antes mencionadas, podríamos definir también como *experimentos cruciales*.

Si las prácticas de laboratorio se piensan y desarrollan, estructuradas de manera tal que se relacionen con aquellos sucesos que resultaron trascendentes, puesto que permitieron avanzar en el conocimiento cierto de la naturaleza, se podría revertir esa actitud desinteresada hacia la actividad experimental que presentan los alumnos, y generar las condiciones para propiciar el enriquecimiento conceptual en su estructura cognitiva.

Si logramos que los alumnos comprendan que las dificultades que ellos experimentan al intentar abordar una nueva situación problemática, son similares a las que tuvieron que enfrentar los científicos en su intento de entender y poder explicar los fenómenos del mundo natural, y que éstos, en muchos casos, las resolvieron mediante la práctica experimental, daremos un paso muy importante motivándolos a entender su desarrollo o evolución conceptual y orientando ese intento hacia la realización de trabajos prácticos de laboratorio.

En los últimos tiempos han sido publicados trabajos científicos que evidencian la existencia de concepciones aristotélicas y pre-newtonianas en el pensamiento de

alumnos que ingresan a estudios universitarios y que poco se modifican con la enseñanza en cursos regulares de Física (Carrascosa Alís, J., 2005).

Haciendo un poco de historia y analizando la evolución del conocimiento científico en Física, en referencia al movimiento de los cuerpos y las fuerzas intervinientes, y las dificultades que los científicos tuvieron que enfrentar y superar, se puede decir que en la antigüedad el filósofo griego Aristóteles (384 A.C. – 322 A.C.) pensaba que el movimiento de caída de los cuerpos era propio de todas las cosas pesadas y creía que cuanto más pesado era el objeto, más rápido caía: una piedra grande descendería más rápidamente que una piedra pequeña.

Más adelante, Arquímedes (287 A.C. – 212 A.C.) aplicó las matemáticas a situaciones físicas, pero de carácter puramente estático, sin movimiento, un ejemplo de ello es el de la palanca en equilibrio. El problema del movimiento rápido desbordaba incluso un talento como el suyo. En los dieciocho siglos siguientes nadie desafió las ideas de Aristóteles sobre el movimiento, y la Física quedó empantanada.

Hacia 1589 había terminado Galileo (1564 – 1642) su formación universitaria y era ya famoso por su labor en el campo de la mecánica. Al igual que Arquímedes, había aplicado las matemáticas a situaciones estáticas, inmóviles; pero su espíritu anhelaba volver sobre el problema del movimiento.

Toda su preocupación era hallar la manera de retardar la caída de los cuerpos para así poder experimentar con ellos y estudiar detenidamente su movimiento.

Vale detenerse en este punto y decir que, cuando en un desarrollo experimental se intenta registrar la posición que ocupa un cuerpo en movimiento a medida que transcurre el tiempo, aparecen dificultades asociadas al registro temporal, principalmente, cuando el movimiento se desarrolla en lapsos de tiempo muy breves. Es lo que ocurre con un cuerpo en caída libre que parte del reposo, el cual recorre un par de metros en poco más de 0,6s. Si se desea realizar un registro de *tiempo vs. posición* en varios instantes de la caída, se observa que los lapsos transcurridos entre dos registros consecutivos, pueden ser del orden de 0,1s;

tiempo muy breve en comparación a la incertidumbre asociada a su medición, la cual nunca puede considerarse menor a 0,2s si se tienen en cuenta los tiempos de reacción de un operador al pulsar la tecla de comienzo y detención del instrumento. De más está aclarar que, si en la actualidad es complicado realizar este registro temporal recurriendo al uso de cronómetros (analógicos o digitales), mucho más lo era en la antigüedad, donde la incertidumbre asociada a la medición era importante.

Galileo se acordó entonces del péndulo: al desplazar un peso suspendido de una cuerda y soltarlo, comienza a caer. La cuerda a la que está atado le impide, sin embargo, descender en línea recta, obligándolo a hacerlo oblicuamente y con suficiente lentitud como para poder cronometrarlo.

Fue así que pensó en trabajar con un tablero de madera inclinado, que llevara en el centro un surco largo, recto y bien pulido. Una bola que rueda por el surco se mueve en línea recta. Y si se coloca la tabla en posición casi horizontal, las bolas rodarán muy despacio, permitiendo así estudiar su movimiento. Había surgido de esta manera el Plano Inclinado.

Galileo dejó rodar por el surco bolas de diferentes pesos y cronometró su descenso por el número de gotas de agua que caían a través de un agujero practicado en el fondo de un recipiente con agua (reloj de agua). Comprobó que, exceptuando objetos muy ligeros (livianos), el peso no influía para nada: todas las bolas cubrían la longitud del surco en el mismo tiempo.

Según Galileo, todos los objetos, al caer, se veían obligados a apartar el aire de su camino. Los objetos muy ligeros sólo podían hacerlo con dificultad y eran retardados por la resistencia del aire. Los más pesados apartaban el aire fácilmente y no sufrían ningún retardo. En el vacío, donde la resistencia del aire es nula, una pluma cae tan rápido como una bola de plomo.

Aristóteles había afirmado que la velocidad de caída de los objetos dependía de su peso. Galileo demostró que eso sólo era cierto en casos excepcionales,

concretamente para objetos muy ligeros, y que la causa radicaba en la resistencia del aire.

Galileo subdividió luego la ranura en tramos iguales mediante marcas laterales y comprobó que cualquier bola, al rodar hacia abajo, tardaba en recorrer cada tramo menos tiempo que el anterior. Estaba claro que los objetos aceleraban al caer, es decir se movían cada vez con mayor rapidez, es decir, mayor cantidad de centímetros recorridos por unidad de tiempo.

Galileo logró establecer relaciones matemáticas sencillas para calcular la aceleración de la caída de un cuerpo. Aplicó, pues, las matemáticas a los cuerpos en movimiento, igual que Arquímedes las aplicara antes a los cuerpos en reposo. Con esta aplicación, y con los conocimientos que había adquirido en los experimentos con bolas rodantes, llegó a resultados asombrosos. Calculó exactamente, por ejemplo, el movimiento de una bala después de salir del cañón.

Galileo no fue el primero en experimentar, pero sus espectaculares resultados en el problema de la caída de los cuerpos ayudaron a difundir la *experimentación* en el mundo de la ciencia. Los científicos no se contentaban ya con razonar a partir de axiomas, sino que empezaron a diseñar experimentos y realizar mediciones. Y podían utilizar los experimentos para comprobar sus inferencias y para construir nuevos razonamientos.

Luego de este relato, se ve que la práctica del plano inclinado está en el origen histórico de la Física experimental. Su uso permite mostrar y reproducir el método de investigación utilizado por Galileo, evidenciando algunas características acerca del modo de trabajar del hombre de ciencia y, fundamentalmente, anteponiendo la evidencia experimental a la especulación teórica, origen del empirismo inductivo propuesto por Francis Bacon (1561 - 1626).

El trabajo con el plano inclinado, fue utilizado por Galileo para sus investigaciones sobre el movimiento de los cuerpos (Cinemática), en razón de que cuerpos deslizándose o rodando por los mismos, experimentan en su desplazamiento una aceleración menor que la aceleración de la gravedad, por lo cual adquieren

velocidades menores que por dicho motivo resultan más sencillas de medir. Las leyes del movimiento de un cuerpo que experimenta una aceleración constante (movimiento rectilíneo uniformemente variado - MRUV) descubiertas por Galileo en sus investigaciones con el plano inclinado, son las que hoy se trabajan en el capítulo *Cinemática* en los cursos básicos de Física en la Universidad.

Hoy, el plano inclinado, por lo señalado con relación a las mediciones de velocidad de los cuerpos que se desplazan sobre el mismo, resulta útil para plantear un conjunto importante de experimentos, como por ejemplo: verificación de las leyes cinemáticas del MRUV, verificación de la Segunda Ley de Newton, diferencia entre peso y masa, conservación de la energía mecánica (traslación), conservación de la energía mecánica (rotación), relación entre el impulso y la cantidad de movimiento, verificación experimental del teorema del trabajo y la energía, etc.

También se utiliza en experimentos estáticos como la determinación del coeficiente estático de roce entre dos superficies, como otro ejemplo de uso que se puede mencionar.

### 1.3. Formulación del problema

La Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (en adelante FCEFyN) de la Universidad Nacional de Córdoba (en adelante UNC) es una institución que ofrece a la comunidad el dictado de las siguientes carreras de grado: Agrimensura, Ciencias Biológicas, Profesorado en Ciencias Biológicas, Ciencias Geológicas, Ingeniería Aeronáutica, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Biomédica, Ingeniería Civil, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Computación, Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Mecánica Electricista, Ingeniería Química, Técnico Constructor y Técnico Mecánico Electricista.

El Ciclo de Introducción a los Estudios Universitarios (CINEU) es una etapa académica, que posee una duración de seis semanas y que consta de cinco asignaturas, a saber: Ambientación Universitaria, Matemática, Física, Química y

Biología. Las mismas son correlativas con las materias del primer año de cursado. En general, cada carrera tiene en su plan de estudio tres asignaturas del CINEU, salvo Biología que tiene cuatro.

La asignatura Física, en el marco del CINEU, es parte de los planes de estudio de las carreras de Ingeniería, salvo para Ingeniería Química y Ambiental. En Geología, Ciencias Biológicas y Profesorado de Biología no se establece a la mencionada asignatura como parte integrante de los espacios curriculares a cursar en el CINEU y los alumnos de estas últimas carreras mencionadas tienen su primer contacto con la Física a nivel universitario, cuando cursan “Física I”, que es una asignatura del 2do Cuatrimestre, del primer año de la carrera.

Cuando los alumnos ingresantes a la Facultad llegan a las aulas, disponen de un conjunto de “ideas previas”, que se alejan *-en más o en menos-* del saber científico (Campanario y Otero, 2000), y estará en los docentes y sus herramientas didácticas, delinear estrategias que permitan modificar esas concepciones a favor del conocimiento científico establecido con el objetivo de hacer comprensible la ciencia.

Se sospecha, que las ideas previas de los estudiantes que ingresan a la educación universitaria en las carreras de Biología y Geología de la FCEF y N de la UNC, influyen y dificultan la construcción del conocimiento en el aprendizaje del movimiento de los cuerpos y las fuerzas que actúan. Más aún, persisten después de la enseñanza.

Por todo lo expuesto hasta aquí, es el momento de compartir el problema específico que sostiene a esta investigación desde los siguientes términos interrogatorios:

- ✓ *¿Tendrán los alumnos que ingresan a estudiar las carreras de Biología y Geología de la FCEFyN de la UNC concepciones aristotélicas y pre-newtonianas, en lo que respecta al movimiento de los cuerpos y las fuerzas actuantes?*

- ✓ *¿Serán los trabajos prácticos de laboratorio, diseñados para reproducir algunas de las llamadas experiencias cruciales de la Física (“experimentos cruciales”), capaces de generar algún conflicto cognitivo en los alumnos?*
- ✓ *¿Podrán estos experimentos cruciales de la Física, constituirse en una estrategia didáctica eficaz, que favorezca el enriquecimiento conceptual en los estudiantes, en relación con el movimiento de los cuerpos y las fuerzas que sobre ellos actúan?*

#### 1.4. Objetivos de la investigación

En función de lo expresado en los párrafos anteriores se define como Objetivo General:

- *Mostrar la contribución del trabajo experimental de laboratorio en el logro del enriquecimiento conceptual, en la enseñanza de la Física.*

Y como Objetivos Específicos:

- *Identificar experiencias cruciales en la Física, que marcaron un hito referencial en la evolución del conocimiento científico sobre movimiento de cuerpos.*
- *Describir las ideas previas de los alumnos que cursan Física I, en las carreras de Ciencias Biológicas, Profesorado de Ciencias Biológicas y Ciencias Geológicas, acerca del movimiento de los cuerpos y las fuerzas que sobre ellos actúan.*
- *Utilizar algunas de las experiencias “cruciales” en la Física, para diseñar un trabajo experimental de laboratorio o práctica experimental crucial.*
- *Demostrar el enriquecimiento conceptual producido en los alumnos, a partir de la implementación de la práctica experimental crucial.*

#### 1.5. Supuestos de Anticipación de Sentido

A. *Los experimentos cruciales acerca del movimiento de los cuerpos y las fuerzas actuantes, que le permitieron al hombre de ciencia sortear sus ideas previas, provocan conflicto cognitivo en los alumnos, en su proceso de aprendizaje.*

B. *Los Trabajos Prácticos de Laboratorio referidos al movimiento de los cuerpos y las fuerzas actuantes, que son diseñados de manera de reproducir las llamadas experiencias cruciales de la Física, se convierten en herramientas útiles para propiciar el enriquecimiento conceptual de los alumnos.*

### 1.6. Estado del Arte

*“Los antecedentes reflejan los avances y el estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones,”* según sostiene Fideas Arias (2004). En función de ello, resulta de suma importancia realizar una búsqueda de publicaciones que hayan operado con las mismas variables o se hayan planteado objetivos similares, porque sirven de guía referencial y permiten hacer comparaciones y recabar información, sobre cómo se trató el problema en esa oportunidad y que conclusiones se obtuvieron.

Para desarrollar este proyecto, y a los fines de tener una visión amplia y acabada de la problemática de estudio, se tomaron en consideración los aportes teóricos realizados por autores y especialistas en el tema de estudio, en los últimos 15 años. A continuación, se presenta una breve reseña de los principales trabajos publicados, ya sea en Latinoamérica o Europa, cuyas temáticas resultan próximas al presente proyecto y sirvieron de base, ordenados según el año de publicación:

- Pozo, J. I. (2002 – España). *La adquisición del conocimiento científico como un proceso de cambio representacional*. *Investigações em Ensino de Ciências – V7* (3), pp. 245-270.

Gran parte de la investigación realizada en enseñanza de las ciencias a lo largo de muchos años, y de los modelos didácticos desarrollados a partir de ella, ha estado dedicada a promover, sin mucho éxito, el llamado cambio conceptual. En este trabajo se interpretan los conocimientos alternativos como representaciones implícitas y encarnadas, y se argumenta que el cambio conceptual debe ser interpretado como un cambio representacional.

Conclusiones: frente a la idea de que el conocimiento científico debe sustituir al conocimiento cotidiano, que es la que ha predominado en los modelos didácticos del cambio conceptual, se plantea asumir que la función de la instrucción científica sería promover una redescrición o explicación de ese conocimiento cotidiano en términos de modelos científicos más complejos y potentes.

Por lo tanto, la conversión de las representaciones implícitas sobre el mundo físico en conocimiento científico, requiere procesos de aprendizaje explícito. Pero esos procesos no pueden implicar sólo la sustitución de unas formas de conocimiento por otras, ya que no sería pragmático, desde el punto de vista representacional.

Ese proceso de cambio representacional se apoyaría en tres procesos de aprendizaje interrelacionados:

- *Una reestructuración teórica:* frente a las estructuras simplificadoras del conocimiento cotidiano, basado en reglas asociativas de aprendizaje implícito.
- *Una explicitación progresiva de las representaciones implícitas y encarnadas* así como de las estructuras subyacentes a ese iceberg representacional, en forma de teorías implícitas, diferenciándolos de las estructuras y modelos utilizados por las teorías científicas.
- *Una integración jerárquica* de las diversas formas de conocimiento cotidiano y científico.

Ante el supuesto de que la instrucción debe estar dirigida al abandono por los aprendices de su ciencia intuitiva, sus teorías implícitas supuestamente erróneas, adquirir conocimiento científico requiere una instrucción explícitamente dirigida a ayudar a esos aprendices a reconstruir y redescibir sus intuiciones, situándolas en

un nuevo y más potente marco conceptual, pero sin abandonarlas, ya que forman parte no sólo de su sentido común sino de un acervo cultural largamente acumulado, por lo que tienen tras de sí una larga historia de éxitos personales y culturales.

- Moreira, M. A., y Greca, I. M. (2003 - Brasil). *Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo*. Ciência & Educação. Bauru. Vol. 9, n. 2, p. 301-315.

Se hace un análisis crítico del tema cambio conceptual, a lo largo de un período de 20 años, a partir de una revisión parcial de la literatura y del referencial de la teoría del aprendizaje significativo. En dicho análisis se destaca la necesidad de atribuir significados al concepto de cambio conceptual que no conlleven la idea de sustitución o reemplazo de concepciones en la estructura cognoscitiva del sujeto que aprende, y se proponen significados en la línea del aprendizaje significativo, de discriminación de significados, de desarrollo/enriquecimiento conceptual, de evolución conceptual.

Conclusiones: recomiendan que es tiempo de abandonar el término “cambio conceptual” y modelos que lo sugieren como “reemplazo conceptual”; que es tiempo de darse cuenta que evolución, desarrollo, enriquecimiento conceptual y discriminación de significados son ideas más promisorias porque no implican cambio de conceptos o de significados. Por otro lado, ellas implican aprendizaje significativo.

Sostienen que dar nuevos significados al concepto de cambio conceptual y la consecuente mudanza de dirección en los esfuerzos de investigación puede ser la más promisorio perspectiva para futuras investigaciones en el campo del aprendizaje de conceptos.

Proponen imaginar el desarrollo conceptual en términos de construcción y discriminación de significados y olvidar la idea de reemplazar concepciones, una visión que recuerda el enfoque conductista de instalar y extinguir conductas en el repertorio del aprendiz.

- González, M. F., & Guerrero, C. R. (2004 - España). *El inicio histórico de la ciencia del movimiento: Implicaciones epistemológicas y didácticas*. RELIME. Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa, 7(2), 145-156.

El presente artículo estudia con detenimiento la exposición y fundamentación que hizo Galileo de su ley del movimiento natural de caída, destacando su ruptura epistemológica con la tradición aristotélica-escolástica por cuanto que supuso un nuevo concepto de ciencia y una visión matemática del mundo natural. Paralelamente, un estudio de los actuales libros de texto de secundaria en España revela que la exposición de la ley muestra una secuenciación y recursos matemáticos parecidos a los utilizados por Galileo. Se analizan estas semejanzas bajo el punto de vista didáctico y se señalan otros puntos de interés, como los referentes al empleo de la proporcionalidad y al uso e interpretación de las gráficas.

Conclusiones: señalan las dificultades explicativas que se presentan en el ámbito de la educación media para desarrollar el Movimiento Uniformemente Acelerado, debido a las limitaciones de los alumnos para recurrir al cálculo matemático.

Sostienen que la regla de la velocidad media, además de ser introducida habitualmente sin demostración, puede inducir en el alumno la falsa idea de que su validez es general y termine aplicándola a cualquier movimiento. Plantean que es más conveniente emplear el área de la gráfica  $v-t$  para deducir la ecuación del espacio porque se vale del cálculo integral, sin mencionarlo ni estudiarlo como tal y, supone un anticipo de lo que va a estudiarse en el nivel superior.

Otro punto digno de reflexión, a propósito del desarrollo de la caída de cuerpos, es la manera histórica de exponer una ley o, en general, una relación entre magnitudes.

Desde la perspectiva didáctica, entienden interesante retomar y revitalizar la proporcionalidad para combatir una de las causas más señaladas de deficiencias en el aprendizaje de la física: el formulismo operativo. Acuerdan que los alumnos suelen estudiar la Física con la memorización de las fórmulas y no tienen conciencia de los significados que conllevan. Proponen para resarcir tal situación en insistir en

las relaciones de proporcionalidad que encierra cualquier fórmula y en su significado.

Valoran el uso que hizo Galileo de las representaciones del movimiento, porque están muy próximas a las gráficas cartesianas de textos actuales; y dicen que son auténticas representaciones teóricas de las que se sirvió Galileo para avanzar por el camino deductivo.

Por último, rescatan el valor educativo que, desde el punto de vista epistemológico, poseen las ideas y concepciones enfrentadas en torno a la ley de caída, como así también la evolución de la ciencia a partir de la ruptura, su naturaleza y el método empleado para su elaboración. Ven que la historia de la ciencia, protagonizada en este caso por Galileo, así como una vigilancia epistemológica sobre ciertos saberes físico-matemáticos, pueden contribuir a la formación integral y ser fuente de propuestas aptas para llevar a la práctica y hacer más sugerente y efectiva la enseñanza.

- Bello, S. (2004 - México). *Ideas previas y cambio conceptual*. Educación química, 15(3), 210-217.

Las ideas previas, también conocidas con muchas otras denominaciones, se han investigado desde los años 70 en muchos países y se ha puesto ampliamente de relieve su importancia en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia. Los investigadores de la educación han coincidido en la necesidad de transformar las ideas previas de los estudiantes hacia concepciones científicas o, al menos, hacia conceptos más cercanos a ellas. A esta transformación se le ha denominado cambio conceptual, desde los años 80. Pero la concepción misma del cambio conceptual se ha modificado a lo largo de la historia y hoy se cuenta con numerosos modelos del mismo, que abarcan desde las posiciones más radicales que proponen la sustitución total de las ideas previas por los conceptos científicos hasta propuestas que aceptan la modificación gradual y parcial de las ideas de los alumnos, llegando a considerar la coexistencia dual. En este trabajo se describen algunos modelos de cambio conceptual que se han considerado representativos. Asimismo, se cuestiona la

propuesta del conflicto cognitivo como estrategia de enseñanza en la búsqueda del cambio conceptual.

Conclusiones: indica que el modelo estándar de cambio conceptual se originó en la literatura de la historia de la ciencia y comprende diversos grados o etapas, y por ello la terminología de la historia de la ciencia ha sido importante en las discusiones del cambio conceptual.

Sostiene que la investigación sobre cambio conceptual no está acabada, es un proceso abierto, en marcha, en el que hay consensos entre los investigadores y docentes, pero en el que aún hay muchas ambigüedades y una gran diversidad de posturas.

Acuerda con otros autores que el cambio conceptual es un proceso, largo, complejo y no lineal, que implica avances, regresiones, titubeos y fuertemente determinado por cuestiones emocionales y sociales. Por lo tanto, no espera que se pueda lograr en un solo periodo lectivo o ciclo escolar; pero a su vez sostiene que es indispensable que el docente conozca las principales ideas previas que pueden tener sus estudiantes, las que el propio docente puede tener, las que se encuentran en materiales didácticos y libros de texto, y que busque permanentemente las estrategias de enseñanza que promuevan el cambio conceptual entre sus estudiantes.

Asimismo, plantea que es indispensable que quienes diseñan currículos, tomen en cuenta las dificultades inherentes al cambio conceptual en todos los ciclos escolares y den a los contenidos y metodologías, los espacios y tiempos adecuados para promoverlo.

- Flores, F. (2004 - México). *El cambio conceptual: interpretaciones, transformaciones y perspectivas*. Educación química, 15(3), 256-269.

Este artículo trata sobre el desarrollo y desafíos de las teorías del cambio conceptual. Comienza con la descripción de los diferentes enfoques de las teorías del cambio conceptual en términos de dos grandes dominios del conocimiento:

epistemológico y cognitivo. Propone una clasificación de las teorías del cambio conceptual y presenta un análisis sobre el origen y las interpretaciones sobre la concepción del concepto en las principales teorías del cambio conceptual. Algunas consideraciones se hacen en relación con el enfoque de representaciones múltiples. Finalmente, se aborda la reflexión sobre algunos elementos para reconstruir las teorías del cambio conceptual.

Conclusiones: establece un conjunto de supuestos y consideraciones que deberían ser tomados en cuenta por nuevas propuestas sobre el cambio conceptual, las que a continuación se enumeran:

- Construcción de una terminología adecuada y precisa.
- Relación representación-interpretación.
- Conceptos como construcciones del sujeto.
- Concepto como proceso dinámico o sistema de conocimiento.
- Dependencia interpretativa y sistema conceptual.
- Factores contextuales.
- Multirepresentacionalidad.
- Inconmensurabilidad y multirepresentacionalidad.
- Contexto socio-histórico.

Todos estos elementos apuntados no son más que consideraciones tentativas que podrían ayudar a darse cuenta de que, el cambio conceptual, en la medida que se acerque más a una teoría del conocimiento, será más compleja pero que, por contraparte, tendrá mayores posibilidades de contribuir al mejoramiento de la enseñanza de las ciencias.

- Martínez Fernández, J. R. (2004 - España). *Tesis doctoral: Concepción de aprendizaje, metacognición y cambio conceptual en estudiantes universitarios de psicología*. <<http://hdl.handle.net/10803/2632>>

Sobre la base de los estudios relativos al cambio conceptual, el presente trabajo indaga sobre las concepciones de aprendizaje que poseen estudiantes universitarios de los niveles inicial, intermedio y final en la licenciatura de Psicología, y analiza la

influencia de dos factores centrales: la pericia en el dominio específico de la disciplina, y el nivel de uso de las estrategias metacognitivas. También analiza la posible contribución de otras variables relacionadas con el cambio conceptual de la concepción de aprendizaje: la edad, el sexo, la motivación, la percepción de la instrucción y la actuación del alumno.

Conclusiones: los resultados apuntan a que las variables principales, las estrategias metacognitivas y la pericia, muestran relación significativa con la concepción de aprendizaje. Sin embargo, un análisis detallado para cada tipo de concepción señala que la constructivista es la más asociada a dichas variables, mientras que el comportamiento de la concepción directa es prácticamente imposible de explicar a partir de la interdependencia entre las mismas variables.

Los resultados obtenidos permiten afirmar que existe un proceso de cambio conceptual en las concepciones de aprendizaje, pero este proceso de cambio no parece ser homogéneo y debe explicarse desde el análisis particular de cada una de las categorías definidas. En este sentido, los estudiantes de psicología del estudio, inician la carrera con una visión bastante heterogénea y poco coherente de las concepciones de aprendizaje y ello queda de manifiesto en la alta proporción de sujetos que presentan un nivel de co-dominancia al inicio de la carrera. Sin embargo, al considerar a los estudiantes que poseen un mayor nivel de pericia, se observa una disminución de la proporción de sujetos con co-dominancia; este último dato podría estar explicando que la concepción acerca del aprendizaje se hace más coherente y explícita, quizás como producto de la toma de conciencia y de la reflexión metacognitiva por parte de los sujetos.

- Martínez Fernández, J. R. (2005 - España). *Cambio Conceptual, Aprendizaje y Docencia Universitaria*. Revista Docencia Universitaria, 6 (1).

En este trabajo, desde una concepción constructivista del aprendizaje, se discute acerca de qué se entiende por cambio conceptual y su relevancia para la docencia universitaria. Asimismo, se hace mención al doble papel de los conocimientos previos como base de los procesos de cambio: por una parte, pueden ser conocimientos que obstaculizan el cambio, o bien, pueden ser la base que potencia

el cambio. Finalmente, se discute la relevancia de los modelos teóricos acerca del cambio conceptual como plataforma para una didáctica universitaria que asuma la adquisición y el desarrollo de conocimiento como un proceso personal en constante revisión, en función del contexto y de los dominios específicos.

Conclusiones: se considera que la estrategia didáctica debe ir acompañada de ciertas condiciones contextuales, motivacionales y metacognitivas en los estudiantes, que les permitan desarrollar una visión constructiva del aprendizaje; este proceso debe además orientarles hacia el cambio conceptual requerido ya que, de lo contrario, la percepción del alumno puede no corresponder con los pensamientos e intenciones del docente, y por ello, puede no existir relación entre la instrucción tal como la percibe el docente, y como la percibe el alumno.

Es decir, la exploración y valoración de los conocimientos previos, como estímulo, o como obstáculos del cambio, deben ser la base del diseño instruccional. Desde el punto de vista de la enseñanza, parece necesario que los profesores realicen prácticas que permitan a los estudiantes ser sujetos “activos” en sus propios procesos y estrategias de aprendizaje, ya que la actuación del estudiante se define como una variable relevante en el cambio de las concepciones previas. Este aspecto está muy relacionado con la activación metacognitiva, por lo que se debe orientar a los estudiantes a que resuelvan tareas o metas de aprendizaje, a que reflexionen y resuelvan sus propios problemas o dificultades de aprendizaje, lo cual equivale a la activación de los procesos de autorregulación.

En lo que respecta a la didáctica, un aspecto de interés en el área del cambio conceptual, paralelo al estudio de las concepciones de aprendizaje de los estudiantes, corresponde a las concepciones y prácticas de los docentes. En este sentido, parece existir un claro dominio de la aproximación constructiva del aprendizaje sobre las teorías directas o de la reproducción en el caso de las ideas de los estudiantes.

El cambio conceptual de la concepción y práctica de la enseñanza que ejercen los profesores parece ser mucho más lento que el cambio en la concepción de aprendizaje de los estudiantes. En este sentido, las creencias de los profesores y el

análisis de sus concepciones parece ser un tema relevante en la agenda de los próximos años en el contexto de la Educación Superior.

- Carrascosa Alís, J. (2005a - España). *El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mantienen*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, Vol. 2, Nº 2, pp. 183-208.

En este trabajo se hace una revisión sobre los errores conceptuales que afectan a determinados conceptos científicos fundamentales y las ideas alternativas que llevan a cometerlos, analizando con cierto detalle cómo se originan y a qué se debe la gran persistencia de algunas de estas ideas, las cuales suponen un obstáculo importante para el aprendizaje de los conocimientos científicos con ellas relacionados.

Conclusiones: el problema de los errores conceptuales y las ideas alternativas que llevan a cometerlos, sigue siendo en la actualidad una potente línea de investigación didáctica, como lo demuestra la gran cantidad de estudios que se siguen realizando sobre estos temas.

En este trabajo se analizaron ejemplos concretos de ideas alternativas viendo cómo afectan a conceptos, aspectos y principios fundamentales como son fuerza, gravitación, fotosíntesis, intensidad de corriente eléctrica, heredabilidad de caracteres, principio de acción y reacción, etc., mostrando algunos instrumentos que se pueden utilizar para la detección de tales ideas.

Se ve también que tanto el origen de las ideas previas como la gran persistencia de algunas de ellas, se pueden explicar, en parte, si se considera el papel determinante que en ello tienen las experiencias físicas cotidianas, el lenguaje de la calle y los distintos medios de comunicación, la existencia de errores conceptuales en algunos libros de texto y otros aspectos de tipo metodológico.

Sin embargo, el principal interés de las investigaciones sobre las concepciones alternativas no reside en el conocimiento detallado de cuáles son dichas

concepciones en cada uno de los campos o dominios científicos, aun cuando dicho conocimiento siga siendo hoy imprescindible para un correcto planteamiento de las situaciones de aprendizaje. La fecundidad de esta línea de investigación está asociada, sobre todo, a la elaboración fundamentada de un nuevo modelo para la introducción de los conceptos científicos teóricos y el aprendizaje de las ciencias en general.

- Carrascosa Alís, J. (2005b - España). *El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte II). El cambio de concepciones alternativas*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, Vol. 2, Nº 3, pp. 388-402.

En un trabajo anterior (Carrascosa, 2005a) se analizaba el problema de las ideas alternativas que afectan a diversos campos de la ciencia y apuntaban algunas causas que pueden explicar el origen y/o la persistencia de las mismas. En este nuevo trabajo, se plantea la elaboración de unas estrategias de enseñanza adecuadas para cambiar las ideas alternativas de los estudiantes, por aquellas ideas científicas que se tratan de enseñarles.

Conclusiones: en este trabajo se analizan algunas propuestas metodológicas para tratar el problema que supone, para el aprendizaje de las ciencias, la existencia de ideas alternativas que afectan a conceptos científicos fundamentales. Ello ha llevado a plantear un modelo de enseñanza y aprendizaje de las ciencias basado en el cambio conceptual y metodológico.

También se ha mostrado la necesidad de que estas propuestas no se limiten a unas orientaciones más o menos fundamentadas, sino que se traduzcan en materiales de trabajo adecuados para el aula, es decir: que se plasmen en los temas de que consta un curso de física y/o química y que se experimenten y se evalúen los resultados.

Es necesario un esfuerzo por acercar las propuestas innovadoras surgidas de la investigación didáctica a la práctica diaria del aula que es donde, en definitiva, se van a poder evaluar sus virtualidades y limitaciones.

En el caso de los errores conceptuales, a menudo se utilizan cuestiones que se pasan a los alumnos en un momento dado como una forma de averiguar si han superado o no determinadas ideas alternativas. No obstante, es posible también otra estrategia: utilizar los errores conceptuales existentes en cómics, prensa escrita, novelas y libros de texto, como materiales de trabajo para que los alumnos, de manera individual o grupal, los analicen críticamente.

- Carrascosa Alís, J. (2006 - España). *El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte III). Utilización didáctica de los errores conceptuales que aparecen en cómics, prensa, novelas y libros de texto*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 3(1), pp. 77-88.

La existencia de graves errores conceptuales en artículos de prensa, novelas, cómics e incluso libros de texto está relacionada con el origen y persistencia de determinadas ideas alternativas. Cabe plantearse si no podrían utilizarse estos mismos medios para contribuir al tratamiento y el cambio de tales ideas.

Conclusiones: una gran mayoría de los estudios realizados sobre ideas alternativas han consistido en la simple descripción de las mismas utilizando para su detección entre los estudiantes instrumentos que, en general, recogen lo que éstos responden de forma inmediata frente a determinadas cuestiones. Esta forma de trabajo llevada a la práctica de la clase tiene el peligro de convertirse en un instrumento favorecedor de una metodología superficial. Sería mucho más interesante analizar qué es lo que los alumnos pueden llegar a responder cuando se favorece su reflexión crítica, en unas condiciones favorables.

La evolución de las ideas alternativas que los alumnos tienen en distintos campos de las ciencias hasta su cambio por otras ideas acordes con los conceptos científicos que se trata de enseñarles, no es un proceso que se pueda lograr mediante tratamientos puntuales. Tampoco conviene hacerlo supeditando y organizando el currículo al objetivo de búsqueda y captura de errores conceptuales.

Se plantea que, una enseñanza de las ciencias como cambio conceptual, metodológico y actitudinal, es un modelo de enseñanza adecuado para conseguir

esa formación científica en los alumnos, y habría que trabajar en la elaboración de currículos de ciencias coherentes con este modelo. Dentro de dicho modelo se ha utilizado con éxito el lenguaje de los cómics para cuestionar las ideas simplistas sobre la ciencia. En este trabajo se intentó mostrar que no solo los cómics, sino también las revistas de prensa, las novelas y los propios libros de texto, se pueden utilizar con éxito como una herramienta más para favorecer el aprendizaje significativo de los conceptos científicos, y superar determinadas ideas alternativas.

- Solbes, J. (2009a - España). *Dificultades de aprendizaje y cambio conceptual, procedimental y axiológico (I): resumen del camino avanzado*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias - 2009, 6(1) pp. 2-20.

El trabajo se inicia mostrando la relación que se estableció entre la filosofía de la ciencia, la psicología del aprendizaje y la didáctica de las ciencias, que lleva a la consolidación de ésta, en particular, con los estudios de las concepciones alternativas. Pero las dificultades de los estudiantes no pueden reducirse a las concepciones alternativas, por eso es conveniente ampliar el concepto de dificultades de aprendizaje e incluir dificultades debidas al razonamiento de “sentido común”, a las actitudes negativas de los estudiantes, etc. En consecuencia, un cambio exclusivamente conceptual no tiene en cuenta estas nuevas dificultades y son necesarios otros cambios. Pero sobre ellos existe bastante confusión terminológica que se intenta aclarar.

Conclusiones: se muestra como, aunque inicialmente la formación del profesorado de ciencias se basa única y exclusivamente en los contenidos científicos, al cabo del tiempo se establece una fecunda relación entre la filosofía de la ciencia, la psicología del aprendizaje y la didáctica de las ciencias, que lleva a la consolidación de ésta, en particular, con los estudios de las concepciones alternativas.

En este trabajo se ha puesto de manifiesto que las dificultades de los estudiantes no pueden reducirse a las concepciones alternativas. Por eso es conveniente ampliar el concepto de dificultades de aprendizaje e incluir las debidas a formas de razonamiento de “sentido común”, a las actitudes negativas de los estudiantes, etc. También contemplar el aprendizaje de los conocimientos científicos, en sentido

amplio, como un proceso al que es necesario incorporar otras estrategias que no solo favorezcan los cambios conceptuales, sino también otros tipos de cambios como los procedimentales y los axiológicos. Con estas denominaciones se toma en el trabajo una opción unificadora sobre la diversidad terminológica existente en cuanto a los cambios.

Este modelo de cambio conceptual, procedimental y axiológico parece ser el más completo sobre el aprendizaje elaborado por la didáctica de las ciencias. Se ha plasmado en los programas curriculares y también en las propuestas de evaluación de los alumnos de secundaria, que tienen en cuenta el aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes. También se ha visto que a nivel teórico los cambios procedimental y axiológico necesitarían más elaboración, cuya carencia se traduce en una cierta confusión a nivel práctico, es decir, en textos, profesores, etc.

Avances recientes en las ciencias cognitivas, en las neurociencias y en los estudios CTS, como así también la realidad de la educación científica no formal y otros nuevos problemas educativos, plantean la necesidad de profundizar en la enseñanza de los conceptos, los procedimientos y los valores y actitudes.

- Solbes, J. (2009b - España). *Dificultades de aprendizaje y cambio conceptual, procedimental y axiológico (II): nuevas perspectivas*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 6(2), pp. 190-212.

En este trabajo se muestra cómo las ciencias cognitivas, las neurociencias, los estudios CTS, la educación científica no formal, etc., ofrecen nuevas posibilidades de avance en el campo del aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes, y también se ven otras perspectivas que amplían el dominio usual de la didáctica de las ciencias. Por último, se muestra cómo los modelos de enseñanza deben tener en cuenta estas dimensiones del aprendizaje de las ciencias, para contribuir a la solución de los nuevos problemas que se plantean sobre la educación científica.

Conclusiones: las neurociencias no contradicen el modelo, sino que hacen aportaciones sobre la memoria, que aclaran el aprendizaje de conceptos y

procedimientos, y sobre el papel de las emociones en el aprendizaje conceptual y en el cambio axiológico y actitudinal. Además, los estudios CTS pueden mejorar este último, mostrando que existe una imagen negativa de la ciencia, que ni la enseñanza de las ciencias ni la didáctica de las ciencias tienen en cuenta. La enseñanza CTS si puede aportar respuestas, no eludiendo los aspectos negativos e incidiendo en los positivos, mediante lo que se ha denominado visión ambivalente.

Se muestran modelos recientes de enseñanza de las ciencias que tienen en cuenta las dimensiones conceptual, procedimental y axiológica del aprendizaje de las ciencias. Aunque unos las tienen en cuenta en mayor grado que otros, se recomienda que en lugar de establecer controversias entre ellos, se destaque lo que tienen en común para mejorar el aprendizaje de los estudiantes

Sólo teniendo en cuenta estos avances se estará en condiciones de abordar los problemas que plantean las nuevas realidades educativas y sociales.

Ante problemas de esta magnitud algunos han optado por insistir en la calidad, el esfuerzo, etc., entendiendo por tal la enseñanza de una ciencia formal, difícil, objetiva, neutral, descontextualizada, etc. Estas políticas científicas y educativas están diseñadas siempre a favor de los contenidos más tradicionales y propedéuticos, que pueden realimentar la actitud de rechazo y, por ello, producir en la mayoría de la población un cierto analfabetismo científico acompañado de un gran desinterés por la ciencia y la tecnología, que impide formar futuros ciudadanos alfabetizados científicamente, obstaculizando así cualquier intento de control social de la utilización indiscriminada de las ciencias.

Otros optan por utilizar la ciencia que hay fuera de la institución escolar, o por la utilización en el aula de juegos, juguetes y pequeñas experiencias tecno-científicas, es decir, de ciencia recreativa. Pero es necesario que estas actividades no se planteen sólo para “deleitar” a los alumnos, sino para favorecer su aprendizaje y su participación. Es necesario que estas políticas y prácticas educativas se realicen teniendo en cuenta avances del dominio de la didáctica de la ciencias, como los mostrados aquí y, en especial, que tengan en cuenta los resultados de proyectos de evaluación trasnacionales como PISA o TIMSS, centrados en alfabetización científica

y competencias, que implican la aplicación de conocimientos y procedimientos científicos a situaciones del mundo real para cambiar la evaluación de las ciencias, evitando así el círculo vicioso de que no se enseña lo nuevo porque no se evalúa y no se evalúa porque no se enseña.

- Dima, G. N. (2011 - Argentina). Tesis de Maestría: *Las experiencias de laboratorio como estrategia para favorecer el cambio conceptual en estudiantes de Física básica universitaria*. Revista de Enseñanza de la Física, 22(1), 73-74.

Planteo, metodología y conclusiones: en las prácticas de laboratorio tradicionales los alumnos desempeñan habitualmente un rol netamente acrítico e intelectualmente pasivo, trabajan sobre la base de una guía fuertemente estructurada; es decir se enumeran cierto conjunto de rutinas que los alumnos deben seguir paso a paso, no se les da la posibilidad de plantear una alternativa de solución al problema planteado. En general no se realiza un previo análisis del problema físico, ni se favorece la discusión entre pares sobre las distintas ideas y concepciones ni sobre el diseño experimental. Se descuidan también aspectos importantes para un buen aprovechamiento del trabajo de laboratorio a favor del aprendizaje conceptual y procedimental.

Se propone utilizar el trabajo de laboratorio para promover el aprendizaje conceptual en estudiantes de un curso de Física Básica Universitaria sin descuidar algunos aspectos procedimentales importantes como la toma de datos y su representación. Se buscó con la metodología propuesta mejorar las habilidades interpersonales y de comunicación fomentando el trabajo en grupo a través de la discusión de actividades previas de diferentes modelos, físicos o alternativos, de métodos y de resultados, estimulando además la presentación escrita.

La propuesta se fundamentó en la estrategia de resolución de Problemas en Grupos Cooperativos, desarrollada por el Grupo de Investigación de Enseñanza de la Física dirigido por Ken Heller y Pat Heller de la Universidad de Minnesota.

Esta estrategia utiliza los llamados Problemas Ricos en Contexto (PRC), y se apoya en el trabajo en grupos colaborativos y en la resolución de problemas que

representan una situación próxima a una situación real, favoreciendo en los estudiantes una directa participación en la solución del problema presentado, en el que algunos de los datos deben obtenerlos mediante el trabajo experimental.

La estrategia hace uso de la secuencia predecir, contrastar y resolver para la práctica efectiva del Aprendizaje Activo de la Física, favoreciendo en los alumnos la habilidad de establecer predicciones sobre situaciones de la vida cotidiana.

Estas predicciones, generalmente representan las creencias previas de los estudiantes, que deben luego ser contrastadas con los resultados de la observación en la actividad experimental. Cuando este proceso se complementa con la discusión entre pares, a efectos de explicar creencias, resolver dudas e inconsistencias, se profundiza el aprendizaje significativo de manera importante.

La hipótesis que guió la investigación fue que la estrategia basada en PRC permitiría:

1. Mejorar el aprendizaje conceptual en estudiantes de Física Básica Universitaria,
2. Promover algunas habilidades procedimentales como la toma de datos, su representación e interpretación,
3. Desarrollar habilidades interpersonales del trabajo en grupo y habilidades de comunicación (oral y escrita). Este proceso debería también propiciar una mejor actitud de los alumnos hacia el aprendizaje de la Física.

En esta investigación descriptiva, los grupos de estudiantes (ya conformados al momento de comenzar la investigación) fueron divididos aleatoriamente en un Grupo Experimental (GE) y en un Grupo Control (GC). El primero desarrolló la experimentación sobre la base de la estrategia constructivista basada en los PRC, las actividades incluidas en las etapas de predicción, método, procedimiento experimental y conclusiones, fueron redactadas en una guía diseñada para fomentar el Aprendizaje Activo de la Física. Mientras que el GC trabajó con una guía de características tradicionales. Para la recolección de datos se recurrió a los siguientes instrumentos: pretest (implementados antes de cada laboratorio), informes escritos de laboratorio, encuestas de opinión, y entrevistas individuales.

Las respuestas dadas por los alumnos en las etapas de predicción y método, permitió comprobar que en el GE el alistamiento para el aprendizaje al iniciar cada laboratorio, fue claramente mejor que en el GC. Con estas etapas se fomentó la discusión entre pares respecto del problema físico y de cómo atacar el problema experimental antes de realizar el experimento propiamente dicho.

Respecto del aprendizaje conceptual, los resultados de la totalidad de los instrumentos utilizados para la toma de datos mostraron que este aspecto, fundamental objetivo de la propuesta de trabajo de laboratorio, fue exitosamente alcanzado entre casi todos los integrantes del GE, indicando que la estrategia experimental puede ser efectiva no sólo en alumnos de alto rendimiento.

Los informes escritos del GE presentaron un mejor lenguaje tanto físico como gráfico. Los aspectos procedimentales se vieron favorecidos en los integrantes de este grupo, quienes adquirieron mejores capacidades procedimentales en comparación con los integrantes del GC. Estos resultados altamente positivos, si bien dada la índole del experimento y el bajo número de estudiantes no permiten establecer una relación causa-efecto, alientan a continuar experimentando con esta metodología de Aprendizaje Activo en el trabajo experimental, como una alternativa plausible para jerarquizar y darle relevancia al rol del laboratorio en el aprendizaje conceptual de la Física.

Se concluye que, con una selección conveniente de las diferentes actividades y adecuando la complejidad del trabajo experimental, esta estrategia puede implementarse en niveles educativos preuniversitarios.

Los ejes temáticos abordados por estos trabajos, y que guardan estrecha relación con las preguntas de la investigación desarrollada en este estudio, los podemos presentar en los siguientes términos:

- *Las ideas previas de los alumnos, en su doble rol: como ideas que obstaculizan el aprendizaje de conocimientos científicos, o que pueden ser la base que potencia el enriquecimiento conceptual.*

- *El conflicto cognitivo, como estrategia para lograr el abandono de los esquemas mentales no científicos, si correspondiera, o en su defecto alcanzar una evolución conceptual.*
- *Análisis crítico del tema “cambio conceptual”, dejando de lado la posibilidad de sustitución de conceptos en la estructura cognoscitiva del alumno y proponer el desarrollo o enriquecimiento conceptual, como así también procedimental y axiológico.*
- *El invaluable aporte de Galileo con su nuevo concepto de ciencia y visión matemática del mundo natural, a través de la implementación de la práctica experimental.*
- *La valoración del trabajo práctico de laboratorio, como herramienta útil para promover el aprendizaje conceptual y procedimental.*
- *La puesta en vigencia de modelos recientes de enseñanza de las ciencias que tienen en cuenta las dimensiones conceptual, procedimental y axiológica del aprendizaje de las ciencias.*

### 1.7. Un recorrido descriptivo de modelos, en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias

En el último medio siglo y gracias a la creciente preocupación en la comunidad docente por mejorar y profundizar la Enseñanza de las Ciencias, la investigación en Didáctica de la Ciencias ha tomado preponderancia.

A continuación, y a manera de síntesis, se enumeran algunos de los principales modelos y sus respectivas líneas de investigación desarrolladas a nivel mundial, en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias.

En la pasada década de los “60”, el psicólogo y pedagogo estadounidense Jerome Bruner (1915 - 2016) desarrolló una teoría del aprendizaje de índole constructivista, conocida como *aprendizaje por descubrimiento*, que proponía que el alumno

adquiriese los conocimientos por sí mismo, a través de un descubrimiento guiado que tuviese lugar durante una exploración motivada por la curiosidad. En este modelo, la adquisición del conocimiento se podía caracterizar a través de tres palabras claves, según cómo se entendía que debía producirse: *autónomo*, *inductivo*, e *incidental*. Este modelo parecía poner nuevamente en vigencia la vieja disputa entre empirismo y racionalismo, dado que al sobrevaluar al empirismo sólo consigue mostrar una concepción deformada del trabajo científico. Si se intenta vincular las ideas de Bruner con otros educadores, psicólogos y/o pedagogos del siglo XX, se lo puede hacer con Piaget (un par de décadas antes) y con Ausubel (un par de décadas después). Bruner siempre mostró interés por el modo en el que evolucionan las habilidades cognitivas del niño y su maduración (etapas de Piaget) y por la necesidad de estructurar adecuadamente los conceptos que le llevó a desarrollar una teoría que, en ciertos aspectos, se parece a la de Ausubel.

Luego, aparece otro modelo posterior, el del *aprendizaje por recepción significativa*, propuesto originalmente por David Ausubel (1997), es una muestra del rechazo al inductivismo y aparenta ser un regreso a la histórica y tradicional transmisión-recepción de conocimientos, aunque no lo es, pues por la atención que presta a los conocimientos previos de los alumnos y a la integración de los nuevos conocimientos en sus estructuras conceptuales es coherente con el papel que los paradigmas teóricos juegan en todo el proceso de investigación científica. La dirección del profesor, como guía científico del investigador novel, permite superar aquellos obstáculos del trabajo autónomo o el descubrimiento incidental. Este modelo tiene en sus bases la asimilación de conceptos por los alumnos, los cuales no participan en su construcción, para lo que necesitarían de un tiempo propio que no se tiene en cuenta, y en cuanto a la resolución de problemas se dirige a la comprensión de las soluciones.

Las orientaciones constructivistas y, en particular, el modelo del aprendizaje significativo, que destaca el enseñar sobre la base de lo que el alumno ya sabe, estimula la presencia de investigaciones que indagan sobre la existencia de ideas en la estructura cognitiva de los alumnos, y ponen de relieve la presencia de las *ideas previas*. Éstas, en los últimos años, han marcado a la Didáctica de la Ciencia y se

pueden apreciar en ellas, diferentes tendencias que tienen un hilo conductor: operar sobre las ideas previas de los alumnos, y contemplar el aprendizaje como un *cambio conceptual*. Algunas de las frases más representativas de este modelo, son:

- Los conocimientos previos han de estar relacionados con aquellos que se quieren adquirir, de manera que funcionen como base o punto de apoyo para la adquisición de nuevos conocimientos.
- Es necesario desarrollar un amplio conocimiento metacognitivo para integrar y organizar los nuevos conocimientos.
- La nueva información se debe incorporar a la estructura mental y pasar a formar parte de la memoria comprensiva.
- El aprendizaje significativo y el aprendizaje mecanicista no son dos tipos opuestos de aprendizaje, sino que se complementan durante el proceso de enseñanza y pueden ocurrir simultáneamente en la misma tarea de aprendizaje. Por ejemplo, la memorización de las tablas de multiplicar es necesaria y formaría parte del aprendizaje mecanicista, sin embargo su uso en la resolución de problemas correspondería al aprendizaje significativo.
- Requiere una participación activa del aprendiz donde la atención se centra en el *cómo* se adquieren los aprendizajes.
- Se pretende potenciar que el aprendiz construya su propio aprendizaje, y adquiera la competencia de *aprender a aprender*.
- El aprendizaje significativo puede producirse mediante la exposición de los contenidos por parte del docente o por descubrimiento del aprendiz.

Las llamadas concepciones alternativas y/o ideas previas, resultan bastante resistentes al cambio, de acuerdo a comprobaciones prácticas realizadas, por lo que concebir al aprendizaje como un cambio conceptual, en el sentido de entenderlo como que un concepto nuevo reemplaza a otro anterior, no es aconsejable, y en su lugar en la actualidad se acepta hablar de *enriquecimiento conceptual*.

Asumiendo que las ideas previas responden a intentos por parte del alumno, de explicar el comportamiento de la naturaleza, qué mejor que enfrentarlo a nuevos comportamientos, controlados y guiados por el docente, que provoquen el conflicto

cognitivo y ayuden a modificar su estructura de conocimiento. En esta actividad adquiere una relevancia importante el uso de la *práctica experimental*.

También la didáctica, y como respuesta a la problemática de lograr el cambio conceptual, introduce como innovación el *aprendizaje como investigación* que propone el tratamiento de problemas generales, a través de los cuales los estudiantes puedan participar en la construcción de los conocimientos. Asocia el *cambio conceptual* con la práctica de la metodología científica que permita superar, al igual que lo ocurrido en la ciencia, paradigmas establecidos y considera la siguiente estrategia para ello:

- a) *Plantear situaciones problemáticas que generen interés y proporcionen una concepción preliminar de la tarea.*
- b) *Proponer a los estudiantes el estudio del problema.*
- c) *Orientar el tratamiento científico de los problemas planteados, mediante:*
  - *Formulación de Hipótesis*
  - *Diseño de Estrategias (diseño de experimentos)*
  - *Análisis de los resultados y comparación con otros “investigadores”*
- d) *Aplicación de los conocimientos adquiridos a otras situaciones.*

Todos estos modelos tienen en común el acercamiento de la Enseñanza de la Ciencia a la forma en que se construye el conocimiento científico. Esta característica se ha ido fortaleciendo con el tiempo, y todo parece indicar que es la tendencia más aceptada en estos momentos.

El papel de la Historia de la Física, por la misma razón anterior, está cada vez más indisolublemente ligado a la Enseñanza de la Física, de forma tal que la Historia de la Física resulta algo inherente a su enseñanza, como un componente esencial que, además, puede brindar una visión holística, cuestión de alta significación contemporánea.

Un análisis de los modelos de aprendizaje y didácticos expuestos, hace pensar que, en cada uno de ellos, hay verdades demostradas que es necesario tener en cuenta

y, aunque aparentemente uno pueda superar a otro, ninguno puede negarse por completo.

Es necesario que el docente, ante el acto de enseñar ciencias, asuma una posición flexible y coherente, diseñando y desarrollando su clase de acuerdo a las situaciones que le toque enfrentar según su contexto, teniendo en cuenta, entre otras cuestiones:

- *La existencia de conocimientos previos.*
- *La persistencia de errores conceptuales.*
- *Las posibilidades de formar un concepto a partir de una práctica experimental.*
- *La efectividad de la resolución de problemas de lápiz y papel.*
- *Las potencialidades del uso de TIC en la enseñanza.*

## Capítulo 2: Marco Teórico

En este capítulo se muestran algunas de las distintas posturas y planteos teóricos referentes a conceptos tales como ideas previas, cambio conceptual y conflicto cognitivo, y la postura final asumida para desarrollar este trabajo encuadrado en el marco teórico y metodológico de la concepción constructivista. Se explica el desafío de investigar sobre la posibilidad de propiciar el enriquecimiento conceptual de los estudiantes a partir de generar un conflicto cognitivo con el diseño y puesta en aula de una práctica experimental basada en alguna de las experiencias cruciales de la Física. También se fija posición de lo que significa enseñar, en general, enseñar Física y lo que representa hoy la Enseñanza Universitaria de la Física en las Carreras de Ciencias.

### 2.1 Sobre las Ideas Previas

Uno de los grandes desafíos al que se enfrenta la enseñanza de las ciencias, es la existencia en los alumnos de fuertes concepciones alternativas a los conceptos científicos establecidos, que resultan muy difíciles de modificar y, en algunos casos, sobreviven a largos años de instrucción escolar y científica. Las ideas previas, también conocidas como concepciones alternativas, errores conceptuales (misconceptions, en inglés), ciencia de los niños, etc., han sido tratadas en numerosas publicaciones, algunas impresas y muchas otras de carácter electrónico. (Flores et al., 2002).

La investigación relacionada con estas *ideas* se inicia aproximadamente en los albores de los años ochenta, y ha puesto en evidencia su tremenda influencia en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la ciencia en general. Pero, si se las considera como un mecanismo de adaptación al medio (Bello y Valdez, 2003) es importante ubicarlas en cualquier ámbito del conocimiento, y no sólo en la enseñanza y aprendizaje de la ciencia.

Las ideas previas pueden ser entendidas como construcciones que los sujetos elaboran para dar respuesta a su necesidad de interpretar fenómenos naturales de su entorno cotidiano o conceptos científicos, y para brindar explicaciones, descripciones o poder realizar algún tipo de predicción.

Algunos investigadores las relacionan con ciertas ideas innatas, además de las culturales. Esto quiere decir, tendencias que no dependerían de la cultura imperante, sino de cierta manera espontánea de comportarse por parte de los seres humanos que convierten en ideas lo que directamente se percibe a través de los sentidos.

En el ámbito de la Física, se puede citar el siguiente ejemplo: si se le pregunta a un niño, si el aire presente en una habitación pesa, la respuesta casi inmediata, es decir que no, porque la realidad indica que no siente ningún peso que obre sobre él. Sin embargo, cualquier persona que haya estudiado algo de Física sabe que el aire pesa y bastante. A partir de esa percepción del niño se consolida en él una idea muy fuerte que sostiene que el aire no pesa; es decir, esa idea es una traducción directa de la propia percepción fenomenológica. Recién cuando se empiecen a introducir en la mente del niño ideas aportadas por la Física, la percepción puede llegar a cambiar, porque empieza a tener en cuenta nuevas ideas e incluso, a percibir de otra manera.

Si bien las ideas previas resultan ser construcciones personales, tienen un alcance universal y se presentan como muy resistentes al cambio, persistiendo en la estructura mental a pesar de largos años de instrucción escolar.

Algunos autores sostienen que pueden existir ideas previas que se muestren relativamente aisladas (Mortimer, 1995), pero otros muchos investigadores, por el contrario, piensan que no son aisladas, sino que implican la formación de una red conceptual o esquema de pensamiento más o menos coherente, pero que difiere del esquema conceptual científico. Este esquema de pensamiento alternativo se conoce en el ámbito de los investigadores educativos como esquema representacional. Si los estudiantes encuentran información que contradiga o esté en oposición a sus esquemas representacionales (Mulford y Robinson, 2002) es

difícil para ellos aceptarla, porque les parece errónea. Ante una situación como esta, la respuesta de los estudiantes puede ser: de rechazo, porque no creen en ella; de reinterpretación, a la luz de sus propios esquemas representacionales; o bien, de aceptación, haciendo sólo pequeños retoques en sus concepciones. No resulta sencillo lograr que la información que parece anómala o errónea, sea aceptada y obligue al estudiante a revisar su esquema representacional.

En consecuencia, es muy importante conocer los esquemas representacionales de los estudiantes, para reflexionar y cuantificar la importancia que tienen los mismos en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la ciencia. Los investigadores de la educación en ciencias han coincidido en la necesidad de transformarlos en conceptos más cercanos a las concepciones científicas (Bello, S., 2004), y para ello resulta indispensable reflexionar sobre la naturaleza del llamado *cambio conceptual* a los fines de plantear modificaciones en la metodología de enseñanza, que faciliten alcanzar el mismo.

Es por ello que desde hace más de treinta años, uno de los objetivos propuestos por la educación en ciencias, es la modificación de los esquemas representacionales de los estudiantes en concepciones científicas. A esta transformación se le ha denominado cambio conceptual. Pero, cabe preguntarse, *¿qué es el cambio conceptual? ¿Qué cambia en el cambio conceptual?* La breve revisión y comparación de diversas propuestas de cambio conceptual, que se han considerado representativas y que son presentadas en esta propuesta, tiene la intención de que el docente lleve a sus estudiantes, *más allá de las apariencias* que muestran, a lograr un entendimiento razonable y plausible de los conceptos (Barker, 2002).

## 2.2 Sobre el Cambio Conceptual

Lo entendido en torno a este concepto ha experimentado modificaciones a lo largo de la historia, y hoy se cuenta con numerosos modelos del mismo, que abarcan desde las posiciones más radicales (Strike y Posner, 1985) que hablan de la sustitución total de las ideas previas por los nuevos conceptos científicos, hasta

propuestas que aceptan la modificación gradual y parcial de las ideas de los alumnos, llegando a considerar la coexistencia dual o múltiple de concepciones en el estudiante (Mortimer, 1995; Vosniadou, 1994; Caravita y Halldén, 1994; Taber, 2001) cuyo uso estará determinado por el contexto social, y fuertemente influenciado por aspectos de índole afectivos.

Strike y Posner (1985) conciben el aprendizaje como una actividad racional y se preguntan de qué manera incorporan los aprendices nuevas concepciones a sus estructuras cognitivas y cómo las reemplazan por nuevas, cuando se vuelven disfuncionales sus viejas concepciones. Siguiendo las ideas de Piaget, consideran que existen dos formas de cambio: la asimilación y la acomodación. La asimilación abarca aquellos tipos de aprendizaje en donde no se requiere una revisión conceptual mayor, mientras que la acomodación es un proceso gradual que implica una reestructuración para obtener la nueva concepción, aunque también puede ser vista como una competición o pugna entre concepciones. En ocasiones, los estudiantes utilizan conceptos ya existentes para trabajar con nuevos fenómenos: a esta variante del cambio conceptual la denominan, Posner y colaboradores (1982), como asimilación. Sin embargo, a menudo los conceptos preexistentes en el estudiante son inadecuados para permitirle captar los fenómenos de manera satisfactoria, entonces el estudiante debe reemplazar o reorganizar sus conceptos centrales, y a esta forma más radical de cambio conceptual la denominan acomodación. Según Strike y Posner (1985) se requieren las siguientes condiciones para que se produzca el cambio conceptual:

- a) *es preciso que el estudiante sienta insatisfacción con sus concepciones existentes.*
- b) *la nueva concepción debe ser mínimamente entendida.*
- c) *la nueva concepción debe resultar plausible desde el inicio.*
- d) *la nueva concepción debe ser amplia, es decir aplicable a un conjunto numeroso de fenómenos, o resolver los problemas creados por su predecesora y explicar nuevos conocimientos y experiencias.*

Sustentados en la ecología conceptual proponen interdependencia entre las ideas; es decir, los conceptos que ya posee el individuo determinan qué nuevas concepciones está en condiciones de aceptar y, a la vez, éstas al ser incorporadas en la red conceptual existente, la modifican. La dirección de una acomodación está determinada por: anomalías frente a las expectativas del individuo, su experiencia previa, sus compromisos epistemológicos y creencias, y el conocimiento que tenga de otras áreas. Todo ello dará como consecuencia una competición entre concepciones, cuyo resultado generará el esperado cambio conceptual. El proceso de acomodación se caracteriza por avances y retrocesos frecuentes, como así también por periodos de indefinición. También entran en juego factores afectivos y sociales que influyen de manera decisiva en el cambio conceptual.

Por su parte, la visión de Chi (2003) sobre el cambio conceptual difiere de la de Strike y Posner (1985), pues ella distingue entre las preconcepciones y las concepciones alternativas o ideas previas. Para Chi, la reparación de las preconcepciones consiste sólo en una reorganización conceptual, mientras que el cambio conceptual propiamente dicho, es un asunto directamente relacionado con la reparación de ideas previas. La instrucción puede corregir las preconcepciones con relativa facilidad, pero el cambio conceptual es mucho más difícil de lograr. Sin embargo, el *conocimiento ingenuo*, también conocido como las preconcepciones, puede llegar a persistir fuertemente a pesar de ser confrontado con formas de instrucción ingeniosamente diseñadas, y debe ser reparado para promover el entendimiento profundo. Para Chi el cambio conceptual es el proceso de reparar ideas previas, a través de reasignar la categorización de un concepto, pasándolo de una categoría ontológica a otra. En cambio, al proceso de reparar preconcepciones lo llama *reorganización conceptual*.

En opinión de Chi, el conocimiento puede ser representado como un conjunto de proposiciones interrelacionadas, también llamados modelos mentales. Existen modelos mentales incoherentes o fragmentados, concebidos a partir de proposiciones que no se encuentran interconectadas. También hay modelos que se muestran coherentes pero resultan ser defectuosos, es decir hay modelos mentales que ofrecen una estructura coherente, pero organizada alrededor de un conjunto

de creencias o principios que son incorrectos. Los modelos incompletos tienen muchas piezas faltantes. Los modelos mentales defectuosos están compuestos de muchas creencias correctas, incorrectas y creencias alternativas. Las representaciones mentales pueden usarse para generar explicaciones, hacer predicciones y resolver preguntas de una manera consistente y sistemática. Los procesos ordinarios de aprendizaje propuestos como mecanismos que pueden remover creencias incorrectas y reparar modelos mentales defectuosos, según Chi, son: la asimilación y la acomodación. La asimilación consiste en implantar la proposición entrante dentro del modelo mental existente, mientras que la acomodación implica una revisión profunda de la creencia incorrecta. Todo esto implica un cambio en la estructura de la representación mental. Chi establece una analogía entre las teorías ingenuas de los estudiantes, formadas por su conocimiento ingenuo, y las teorías científicamente aceptadas, para explicar el cambio conceptual como cambio de teoría. Las teorías ingenuas dominantes comparten suposiciones básicas con teorías vigentes en otras épocas; ello se puede ver al capturar regularidades de concepciones ingenuas y determinar sus principios y leyes. En el mismo contexto, Chi incorpora el concepto de inconmensurabilidad, proveniente de Khun (1962) y que se refiere a diferencias irresolubles en los conceptos, creencias y explicaciones de teorías. Los conceptos son inconmensurables si se pueden definir en el ámbito de tres procesos: 1) reemplazo: un concepto inicial es sustituido por uno alternativo, fundamentalmente diferente; 2) diferenciación: otro proceso de reemplazo, divide el concepto inicial en dos o más nuevos conceptos, inconmensurables con el inicial o entre sí, y 3) coalescencia: dos o más conceptos son colapsados dentro de un concepto nuevo, reemplazando al original. Estos tres procesos son una base para pasar de una categoría a otra. Como ya se dijo, para Chi el cambio conceptual es el proceso de cambiar un concepto de categoría ontológica.

Las principales dificultades que suelen interferir para lograr el cambio conceptual, se dan cuando:

1. *El alumno no es consciente de la necesidad de cambiar de categoría.*

2. *Hay falta de categorías alternativas, es decir, al estudiante le falta construir una categoría.*

Hay ciertos procesos que presentan particulares dificultades para que se dé el cambio conceptual. A éstos Chi les da el nombre de *procesos emergentes*.

El pensamiento de Vosniadou (1994) se asemeja al de Chi, en considerar que el cambio conceptual se da a través de modificaciones graduales del modelo mental que uno tiene acerca del mundo físico, y esto se logra a través de enriquecimiento o de revisión. El enriquecimiento implica adición de información a las estructuras conceptuales existentes, mientras que la revisión puede involucrar cambios en las creencias, en las presuposiciones o en la estructura relacional de una teoría. La revisión puede ocurrir en el ámbito de una teoría específica o al nivel de la teoría marco. Esta última, es considerada como el tipo de cambio conceptual más difícil, y que más fácilmente da lugar a concepciones alternativas.

El mencionado autor, se refiere a las concepciones alternativas como los intentos que realizan los estudiantes para interpretar la información científica desde la perspectiva de una teoría marco que contiene información contradictoria para el enfoque científico. En este sentido, podría inferirse de su propuesta que la escuela juega un papel determinante en la generación de las concepciones alternativas. Es pues responsabilidad de los docentes conocer el modelo que el alumno tiene antes de que la escuela intervenga, para evitar que al tratar de reconciliarlo o combinarlo con el modelo científico, el alumno genere concepciones alternativas.

También sostiene que el estudiante conoce a través de los sentidos, de sus creencias y de sus presuposiciones, tanto ontológicas como epistemológicas, y construye teorías específicas para cada dominio de conocimiento. Un conjunto de teorías específicas forma una teoría marco o un marco de referencia. Para lograr el cambio conceptual, propone ir al fondo del problema, es decir atacar las creencias epistemológicas y no sólo los síntomas o ideas previas. Existen presuposiciones atrincheradas, las cuales están organizadas en un marco teórico ingenuo de la ciencia; se encuentran tan íntimamente arraigadas que resulta difícil llegar a ellas y son éstas las que van a causar mayores dificultades en el aprendizaje. Las teorías

específicas consisten en un conjunto de proposiciones interrelacionadas o creencias que describen las propiedades y comportamiento de objetos físicos. Estas teorías son generadas a través de la observación o a través de la información cultural.

Para él existen dos tipos de cambio conceptual: el sencillo, que se refiere al enriquecimiento de las teorías específicas y, por ende, de la teoría marco, y el más complejo, que implica la revisión de esas teorías específicas y de la teoría marco. La forma sencilla de percibir el cambio conceptual es la de enriquecer una estructura conceptual existente. Al hablar de enriquecer se refiere a la simple adición de nueva información dentro de sistemas teóricos existentes a través de mecanismos de acreción. En cambio, la revisión se requiere cuando la información que se adquiere es inconsistente con creencias o presuposiciones existentes. Los fracasos en el aprendizaje suceden cuando el proceso de adquisición exige la revisión de presuposiciones atrincheradas que pertenecen a la teoría marco. En estos casos se observa inconsistencia, conocimiento inerte (memorístico) o la creación de ideas previas.

La visión de Carey (1986) también se inspira en las ideas de Khun, sobre la evolución conceptual en ciencias, en el marco de una ecología conceptual. Ella reconoce también dos tipos de cambio en la red conceptual del estudiante: el débil y el fuerte. En el alumno, el débil corresponde a modificaciones pequeñas en los conceptos, que no implican cambios profundos en su red conceptual. Los hace equivalentes a los pequeños cambios que se han dado en la historia de las ciencias, sin que se requiera cambio de paradigma. A diferencia de lo que ocurre cuando el estudiante realiza modificaciones profundas en sus concepciones, es decir en el cambio fuerte, que correspondería en el conocimiento científico a una revolución y en el estudiante, al cambio conceptual.

Lo dicho hasta aquí, muestra un conjunto de modelos que, a su vez, corresponden al modelo estándar del cambio conceptual, es decir, lo conciben como un proceso, que se da en el individuo, equivalente o equiparable al que ha ocurrido en la comunidad científica a lo largo de la historia de la ciencia.

Caravita y Halldén (1994) se apartan de esta postura considerando que es erróneo comparar ambos cambios en virtud de que existen diferencias fundamentales entre ellos. Sus argumentos se basan en la distinción que establecen entre la *ciencia escolar* y la *ciencia científica*, en las cuales se puede observar diversidad en la relación de cada comunidad con el objeto mismo de conocimiento (la disciplina), los procedimientos y la relación entre pares.

En cuanto a la relación con la disciplina en estudio, los autores señalan que en la comunidad científica son los propios investigadores quienes escogen el problema específico que intentarán resolver y cuentan con un marco amplio de conocimientos; conocen otras investigaciones realizadas al respecto y tienen los datos producidos por sus propios experimentos. En cambio, el estudiante no cuenta con ese acervo, no selecciona el problema por sí mismo, sabe que el profesor puede identificar cuándo el alumno se ha equivocado de perspectiva o de procedimiento y puede sentir que “está jugando un juego” cuyas reglas no son del todo claras.

Siguiendo la mirada de los autores mencionados, si se revisa cómo actúa un científico en relación con los procedimientos, se observa que escoge herramientas acordes con el fin que persigue y si las existentes no le resultan útiles o adecuadas, puede generar sus propios instrumentos. En contraparte, el alumno no conoce las herramientas, y en consecuencia no las escoge, sino que le son impuestas por el docente y no las puede cambiar. Según los autores, las relaciones entre pares en cada comunidad marcan diferencias sustanciales, ya que entre los estudiantes no existen jerarquías, sólo entre el grupo y el profesor, mientras que entre los pares científicos sí las hay. Los argumentos de ellos parecen bastante convincentes si se trata de comparar la situación en el aula con la de la comunidad científica en el momento presente, pero puede ser que se debiliten si se compara lo que ocurre en un salón de clase contemporáneo con lo que ha pasado históricamente en otras comunidades científicas. En el pasado, los científicos no contaban ni con el cúmulo actual de conocimientos, ni con los instrumentos actuales.

Específicamente en cuanto al cambio conceptual, Caravita y Halldén (1994), también inspirados en los trabajos de Piaget, se refieren a la asimilación y a la

equilibración. Consideran la desequilibración como un conflicto cognitivo y proponen también dos niveles de cambio, hablando del aprendizaje paradigmático y del no paradigmático. El primero corresponde a la asimilación y sería equiparable al cambio débil de Carey, mientras que el no paradigmático corresponde a la equilibración y equivale al cambio fuerte de Carey.

diSessa y Sherin (1998) por su parte cuestionan la relevancia del trabajo basado en el modelo estándar, que se ha desarrollado en torno al cambio conceptual. La pregunta clave que plantean es *¿Qué cambia en el cambio conceptual?*, la cual fundamenta sus planteos. Al dar una respuesta aparentemente trivial: los conceptos, se remiten a la concepción de concepto y hacen notar que los investigadores no se han preocupado por definir qué es un concepto.

No obstante, los conceptos son fuente de extraordinarias dificultades en el aprendizaje. diSessa explica que la propia concepción de concepto es compleja y no está acabada. Para sustentar su propuesta, estos autores sustituyen los conceptos por *constructos teóricos* e introducen lo que llaman *coordinación de clase*, como una categoría de conceptos. Con ello hacen notar que hay aprendizajes muy diferentes, que implican demandas intelectuales de distinta profundidad. Así, no es lo mismo aprender qué es un perro, a aprender qué es una fuerza, o qué es una sustancia y cómo se unen los átomos que forman sus moléculas. diSessa y Sherin (1998) reconocen que no todos los conceptos se pueden categorizar como coordinaciones de clase. Sin embargo, la comprensión de los investigadores respecto a la naturaleza de los conceptos que pertenecen a la categoría de coordinación de clase constituye, para estos autores, la cuestión medular en la búsqueda del cambio conceptual.

### 2.3 El Conflicto Cognitivo

Ante la incisiva pregunta de *¿cómo transformar las ideas previas en concepciones aceptadas por la comunidad científica?*, muchos investigadores y docentes

adoptaron el modelo del *conflicto cognitivo*, basándose en las condiciones para lograr el cambio conceptual propuestas por Strike y Posner (1985).

Si la primera condición para cambiar una concepción alternativa es la insatisfacción, entonces bastaría con presentar a los estudiantes evidencias de situaciones en las que dicha concepción no es capaz de explicarla, o bien, de casos en los que las predicciones basadas en la idea original estarían muy alejadas de la realidad, para lograr la insatisfacción y con ello allanar el camino hacia el cambio conceptual. Numerosos docentes diseñaron estrategias de enseñanza para provocar el conflicto cognitivo. Sin embargo, la experiencia en el aula mostró que los resultados no siempre conducían al cambio conceptual buscado.

Barker (2000), Hawkes (1992) y Kind (2004) se encuentran entre los investigadores que explican las dificultades que muestra el conflicto cognitivo a los fines de lograr el cambio conceptual. Consideran que muchas personas mantienen profundos vínculos emocionales con sus explicaciones del mundo y la confrontación con otra explicación opuesta provoca más emoción que análisis racional, por lo que aparece en la persona una tendencia a aferrarse tenazmente a su idea y buscar pruebas que la sustenten, en vez de pruebas que la modifiquen o refuten.

Por su parte, Hawkes (1992) menciona que resulta inherente a la naturaleza humana el hecho de aceptar lo que primero recibe y luego abandonarlo o cambiarlo ante el surgimiento de alguna dificultad. Barker (2000) apunta que las estrategias que buscan el conflicto cognitivo frecuentemente son percibidas más como confusión entre los modelos usados al enseñar un concepto (por ejemplo de ácido-base) que como un conflicto entre las preconcepciones y el punto de vista científico.

Al analizar el modelo de cambio conceptual de Chi se nota que si los estudiantes no han construido la categoría ontológica correspondiente, no percibirán la *evidencia*, sea ésta experimental o teórica y, por ende, ni siquiera tendrán conflicto cognitivo.

Nussbaum y Novick (1982) también ponen en duda que los aprendices registren el conflicto. En opinión de Vosniadou (1994), la instrucción basada en la presentación de hechos contraintuitivos, que busca el conflicto cognitivo, no conduce por

definición directa al cambio conceptual, puesto que no proporciona a los estudiantes toda la información que necesitan tener para revisar sus teorías ingenuas

diSessa y Sherin (1998) señalan que toda observación tiene tanto bases teóricas como empíricas. Por lo tanto, *ver* en diferentes situaciones puede constituir la función nuclear de las coordinaciones de clase (los conceptos). *Ver* es un logro del aprendizaje y dependerá sólo parcialmente de los sentidos y en gran medida de la teoría que sustente el observador. Esto conduce a que las *evidencias* difícilmente sean vistas o percibidas como fuente de conflicto cognitivo.

Mulford (2002) señala que difícilmente se produce tal conflicto cognitivo pues el estudiante es proclive a modificar la información recibida más que a aceptar la contradicción y revisar sus esquemas de pensamiento.

Ya Mortimer, desde 1995, plantea la necesidad de reconocer que el cambio conceptual es un proceso complejo, de larga duración, no lineal y como meta de la educación, sumamente difícil de alcanzar. Si el estudiante tiene acceso a un amplio menú de informaciones y experiencias de aprendizaje, proporcionadas por el docente, lo que puede lograrse es un cambio de perfil conceptual que, eventualmente puede conducir al cambio conceptual.

Resulta muy interesante el enfoque que hace del conflicto cognitivo y cambio conceptual Barbosa, Luis H. (2008), quien se refiere a los *experimentos discrepantes* como herramientas que se corresponden a una estrategia de aprendizaje activo que estimula la motivación para el aprendizaje de la Física.

A los mismos (ExD) los define como un montaje que al accionarlo manifiesta un fenómeno impactante o contraintuitivo para el estudiante. El fenómeno puede corresponder a un suceso que ocurre cuando el observador está esperando otro. De otra manera se puede decir que un ExD exhibe una fenomenología sorpresiva, inesperada, paradójica y que perturba la intuición de quien lo observa.

La razón fundamental para que un experimento discrepante genere motivación, estriba en que el fenómeno que vislumbra es contrario a lo que la lógica de la persona espera. A este respecto se puede afirmar que el evento presentado genera disonancia cognitiva para quien lo observa. Como afirma Festinger (1957), una persona presenta disonancia cognitiva cuando percibe dos informaciones contrarias de un mismo estímulo o mantiene al mismo tiempo dos pensamientos que están en conflicto. Es decir, presenta incompatibilidad de dos cogniciones simultáneas.

El mencionado autor (1957) plantea que al producirse esa incongruencia o disonancia de manera muy apreciable, la persona se ve automáticamente motivada para esforzarse en generar ideas y creencias nuevas que permitan reducir la tensión hasta conseguir que el conjunto de sus ideas y actitudes encajen entre sí, logrando una cierta coherencia interna.

El modo en que se produce la reducción de la disonancia puede involucrar distintos caminos, por ejemplo, un cambio de actitud o de ideas ante la realidad.

Por supuesto, como el fenómeno del montaje no se puede cambiar, físicamente, el único camino que queda, para reducir el desequilibrio, es cambiar de ideas. Aquí es donde el docente, no tiene que apresurarse a dar una respuesta sino que, en concordancia con sus alumnos, debe procurar jugar, degustar el fenómeno, hacer preguntas y sobre todo manifestar al estudiante que se inicia una empresa ardua para develar el cómo y el por qué del fenómeno. Como la tarea es reducir la disonancia, resulta apropiado asignar unas tareas para el éxito de esa gran empresa. Es importante sugerir alguna metodología de trabajo para observar, anotar detalles, plantear preguntas, generar conjeturas, utilizar algún modelo conceptual y cadenas de razonamiento para describir el fenómeno; acordar momentos para presentar avances del entendimiento del evento, búsqueda de información, etc.

En definitiva, los Experimentos Discrepantes son montajes que pueden ser utilizados favorablemente para generar un escenario fértil y efectivo de aprendizaje de temas de la Física. Un aprendizaje mediado por este tipo de montajes es útil porque genera una postura activa del estudiante, origina necesidad de búsqueda, tanto para el profesor como para el estudiante. Se observa un continuo ejercicio de

capacidades intelectivas como observar, interrogar, conjeturar, analizar, abstraer y modelar.

A manera de cierre de este apartado y con el objetivo de fijar postura a favor de la implementación del conflicto cognitivo en el proceso de aprendizaje de los alumnos, se manifiesta lo siguiente:

- Cuando los alumnos inician su tránsito escolar poseen numerosas representaciones de carácter implícito por medio de las cuales le otorgan sentido a la realidad en la que viven.
- Dado que a las instituciones escolares le corresponde proveerlo de conocimientos científicos, resulta obvio que debe producirse un cambio. En algún momento este alumno tendrá que modificar sus concepciones, sus saberes previos de tal forma que surjan nuevas teorías. Pero, para que ello suceda tiene que experimentar un conflicto cognitivo que lo lleve a sentirse insatisfecho de sus propias creencias o teorías iniciales, dado que le resultan insuficientes para dar respuesta a la cuestión que se le plantea y, además encontrar posteriormente, que la teoría analizada merced a la mediación del docente no sólo es más completa con respecto a los fenómenos en estudio, sino que además le permite predecir nuevos fenómenos.
- Este cambio conceptual se basa en la significatividad que los contenidos tengan para el alumno. Ese contenido debe ser presentado bajo la forma de una situación problemática que genere un desequilibrio entre por los menos dos fuentes de información y desestabilice reclamando establecer nuevas relaciones entre saberes ya existentes en el repertorio del alumno y, fundamentalmente, requiriendo la aplicación de una metodología de construcción de conocimientos.

Es decir, se puede plantear que todo aprendizaje parte de una interrogante acerca de la realidad que le plantea al individuo un conflicto cognitivo y es la búsqueda activa de la respuesta, por parte del alumno, la que le permite arribar a nuevos conocimientos y leyes explicativas. Pero estas pueden ser insuficientes, ya que ante cada respuesta surgen nuevos interrogantes acerca del nuevo conocimiento.

Los conflictos cognitivos responden a la esfera individual de intereses de cada persona y se vivencian como situaciones *desequilibrantes*.

Hay que tener en cuenta que el conflicto cognitivo que se debe generar en el alumno tiene que responder a la idea de un *desajuste óptimo*. Pero *¿qué significa esta idea?* Si el objeto de conocimiento que se le presenta al estudiante está demasiado alejado de sus posibilidades de comprensión, no se producirá ningún tipo de desequilibrio en sus esquemas de asimilación y no habrá aprendizaje.

Es decir, desde la intervención didáctica, el docente tendrá que presentar al alumno una situación problemática que supere la comprensión de este, pero esa actividad no deberá superar el nivel de posibilidades del estudiante.

Cuando se presenta el conflicto cognitivo, el alumno inicia la búsqueda para restablecer el equilibrio perdido. O sea, que la construcción de los conocimientos responde a un proceso de *equilibración constante*, que involucra sucesivamente estados de *equilibrio – desequilibrio – reequilibración* (Piaget, J., 1978).

Una vez que se plantea el conflicto y se produce un desajuste óptimo, el alumno opera sobre la realidad, poniendo en marcha los esquemas de conocimiento construidos en su desarrollo intelectual y enriqueciendo el repertorio de herramientas intelectuales, para luego enfrentar la resolución de cada conflicto.

El aprendizaje resulta significativo si genera conflictos cognitivos acordes a las estructuras intelectuales del alumno. De esta forma, éste iniciara una búsqueda activa, a la manera de un novel investigador científico. En este contexto investigativo, las hipótesis de los alumnos adquieren relevancia significativa en el proceso de aprendizaje.

Las preguntas y explicaciones que enuncian los alumnos llevan una intención: acomodar una información nueva dentro de los esquemas mentales ya creados.

El conflicto cognitivo entonces, estará presente si la información presentada hace una diferencia en lo que el alumno percibe, asocia, razona o internaliza.

En síntesis, se entiende en este trabajo al conflicto cognitivo como una situación problemática que actúa a la manera de obstáculo epistemológico, que requiere tiempo y esfuerzo para su superación así como la toma de conciencia de las contradicciones, la diferenciación, integración y generalización, a los fines de tratar de producir el encuentro entre el saber socialmente constituido y seleccionado para la enseñanza y el saber previo que trae el alumno.

Al respecto, Brousseau (1983) sostiene que la construcción del conocimiento implica una interacción constante con situaciones problemáticas, interacción dialéctica en la que se emplean conocimientos anteriores, se los somete a revisión, se los modifica, se los completa o se los rechaza para formar nuevas concepciones. También, manifiesta que el principal objetivo de la didáctica es precisamente estudiar las condiciones que deben reunir las situaciones o problemas propuestos al alumno, para favorecer la aparición, el funcionamiento y el rechazo de estas concepciones.

Luego de la exposición precedente, que muestra algunas de las distintas posturas y planteos referentes a conceptos tales como aprendizaje, ideas previas, cambio conceptual y conflicto cognitivo, se propone en esta investigación, desarrollar un trabajo encuadrado en el marco teórico y metodológico de la concepción constructivista, amparada en el aprendizaje significativo de Ausubel (1997), y bajo las premisas sostenidas por Strike y Posner, matizadas por el aporte de Vosniadou (1994), en referencia a ideas previas y cambio conceptual. Además, coincidimos y nos apoyamos para el trabajo, en lo sostenido por Moreira y Greca (2003), quienes afirman que es necesario abandonar la idea de entender al *cambio conceptual* como un simple reemplazo conceptual, en el que nuevas concepciones o nuevos significados sustituyen a otros, para entenderlo como un *proceso* que conlleva evolución, desarrollo, enriquecimiento y discriminación de significados, en el marco de estrategias de aprendizaje significativo.

Resulta todo un desafío investigar sobre la posibilidad de propiciar el enriquecimiento conceptual de los estudiantes a partir de generar un conflicto

cognitivo con el diseño y puesta en aula de una práctica experimental basada en alguna de las experiencias cruciales de la Física.

En la medida que se pueda romper con la tradición de utilizar trabajos prácticos de laboratorio como un medio para adquirir habilidades prácticas para el uso y manipulación de aparatos, para el aprendizaje de determinadas técnicas experimentales y como una forma de ilustrar o de comprobar experimentalmente muchos de los hechos y leyes científicas presentadas previamente por parte del profesor (paradigma de la enseñanza por transmisión), y se pueda en cambio lograr que el alumno, enfrente una situación problemática hábilmente diseñada, que le genere un conflicto conceptual, al ver que surgen discrepancias entre sus ideas previas y las evidencias que provee el trabajo experimental, se podrá alcanzar una modificación de sus ideas previas y lograr el abandono de los esquemas mentales no científicos, si correspondiera, o en su defecto alcanzar un enriquecimiento conceptual.

#### 2.4 Enseñar

“Enseñar es presentar y hacer adquirir a los alumnos conocimientos que ellos no poseen. Esos conocimientos no se confunden con cualquier tipo de informaciones, que serían igualmente nuevas para los alumnos. Se distinguen de estas porque tienen un valor *utilitario* (útiles para la adquisición de otros conocimientos) y *cultural* (útiles para la formación del espíritu de quienes los adquieren)” (Cousinet ,1962: pag 39).

Más allá de esta definición formal del término enseñar, aceptada en el ámbito educativo, existen otras definiciones muy cercanas a la realidad y que no suelen aparecer en los libros y publicaciones en general, con las cuales muchos docentes se sienten totalmente identificados. A continuación se indican algunas definiciones de la palabra enseñar que nunca aparecen en los diccionarios, pero que son increíblemente muy cercanas a la realidad, extraídas del Blog de Educación de

SMConectados (<http://blog.smconectados.com/2014/06/17/el-verdadero-significado-de-la-palabra-enseñar/>):

- La enseñanza es una celebración constante en la que, tomando de la mano a un conjunto de alumnos, se los acompaña a descubrir su mundo interior y el mundo que los rodea.
- La enseñanza es evaluarse continuamente para conseguir hacer mejor el trabajo diario, porque ni dos grupos de alumnos son iguales ni son iguales todos los alumnos de un mismo grupo, y a todos se les intenta ofrecer la posibilidad de que alcancen los niveles más altos que sean capaces de lograr.
- La enseñanza es permanecer atento todos los días a las últimas noticias, a las últimas investigaciones, e incorporarlas a las clases para descubrir ante los alumnos el mundo como es y enseñarles a comprenderlo. Es al mismo tiempo respetar las tradiciones del entorno cercano de los alumnos y enseñarles a respetarlas y a comprenderlas, y hacerlas compatibles con esas últimas noticias y esas últimas investigaciones.
- Enseñar es buscar la manera de simplificar las explicaciones para hacerlas comprensibles a todos los alumnos, y en ocasiones buscar la manera de explicar un mismo concepto de muchas maneras diferentes para asegurarse que todos lo comprendan.
- Enseñar es saber que no hay una única manera de enseñar.
- Enseñar es trabajar por un objetivo que no se va a disfrutar y del que posiblemente no se tengan noticias una vez que los alumnos egresen de la escuela.

Además, en el arte de enseñar, el docente debe saber no sólo presentar a sus alumnos los conocimientos (habitualmente seleccionados por otros y prescriptos en un programa) sino que es necesario que logre que sus alumnos se apropien de esos conocimientos, y para ello resulta indispensable que recurra a todos los métodos que la didáctica le ofrece.

### 2.5 Enseñanza de la Ciencia e Investigación en el Nivel Superior

La promoción de la investigación educativa en ciencias para todos los niveles, incluido el universitario, en los últimos 25 años ha tomado relevancia a través de instituciones e investigadores preocupados por el mejoramiento del desarrollo científico y, fundamentalmente, por la enseñanza de las disciplinas del conocimiento, involucradas en dicho desarrollo.

Las investigaciones sobre *preconcepciones* o *esquemas alternativos* de los estudiantes y, acerca de las visiones reduccionistas y *el sentido común* de los docentes sobre la ciencia y su enseñanza, han originado un profundo cuestionamiento a la enseñanza tradicional y han permitido alcanzar un amplio consenso en el sentido de entender al proceso de enseñanza y el proceso de aprendizaje como una construcción de conocimientos (Resnick, 1983; Driver, 1986; Novak, 1988; Gil et al., 1991; Gil, Pessoa et al., 1994). Este paradigma se apoya también en resultados provenientes de otros campos, como la psicología cognitiva y las corrientes actuales en epistemología, sociología e historia de las ciencias (Duschl y Hamilton, 1992).

Las producciones investigativas desarrolladas han logrado resultados convergentes y han generado experiencias y propuestas exitosas de transformación e innovación didáctica en muy diferentes actividades de la enseñanza de las ciencias: resolución de problemas, trabajos prácticos de laboratorio, introducción de conceptos, evaluación, relaciones ciencia-tecnología-sociedad, desarrollos curriculares y en otros aspectos muy presentes en la actualidad como las actitudes, el clima de aula, las expectativas del docente, etc.

De ese modo, se cuenta con una didáctica de las ciencias provista de un cuerpo teórico de conocimientos (Gil, 1991), que permite fundamentar intentos de transformación o mejora de la enseñanza de las disciplinas científicas. En este contexto se fundamenta la incorporación de la investigación educativa a la transformación y desarrollo de la actividad docente, concibiéndola como una tarea compleja, que implica más que el mero conocimiento de la disciplina específica

(Física, en este caso), más que la incorporación de diversos recursos o la adquisición de habilidades puntuales o estilos de enseñanza (Gil, 1991).

### 2.6 Una concepción actual sobre la Enseñanza de las Ciencias Naturales

Por estos días la ciencia y la tecnología juegan un rol muy importante en la vida cotidiana. Todos aquellos saberes que tratan de mostrarse a sí mismo como serios, buscan ser científicos. Marcar el carácter histórico y por lo tanto cambiante del conocimiento científico, no implica de manera alguna, negar ni su objetividad, ni tampoco su racionalidad. Hasta no hace mucho se creía que no era así. Es decir, se sostenía que una vez que se establecía un concepto o ley científica, sería de una vez y para siempre. Desde esta concepción, la ciencia se presentaba como infalible y el conocimiento científico como el producto de un desarrollo acumulativo en el tiempo, es decir como un edificio vertical en el que cada generación aporta algunos *ladrillos* complementarios a los conocimientos anteriores.

Esta suposición teórica es refutada por la historia de la ciencia, en la cual se registran errores que alguna vez fueron considerados como verdaderos. Aparecen entonces, cambios de rumbo, enfrentamientos y supervivencia de teorías rivales y contrapuestas. No siempre el conocimiento es sinónimo de acumulación. Se puede afirmar que la ciencia cambia porque progresa, y desde esta posición, vale sostener que la ciencia avanza por ensayo y error, por conjeturas y refutaciones.

El cambio en la ciencia no está solamente condicionado por la propia historia del conocimiento científico, sino también por la denominada *historia externa*. Tanto la sociedad, como los valores y la cultura de una época determinada, condicionan los modos de producir conocimiento científico: estos factores externos tiñen y afectan las posturas de los científicos e influyen definitivamente en sus producciones.

A su vez, es de destacar, que la generación de nuevos conocimientos no depende exclusivamente de la acción individual y aislada de las personas sino que, en la actualidad, cobra un papel fundamental el trabajo colectivo en la producción de

conocimientos. Es la comunidad científica, la que valida y otorga carácter científico a las nuevas producciones.

En lo que respecta a las Ciencias Naturales, en las prácticas áulicas suele prevalecer una visión estereotipada sobre la ciencia en general y sus productos, y limitada a un sólo tipo de procedimientos que, generalmente, se asocia con las propuestas de experimentación *clásicas*. Es necesario reflexionar sobre esta situación ya que el conocimiento que deberá ser enseñado, si bien no es una reproducción exacta del conocimiento que genera la ciencia, debe guardar con éste una estrecha relación y coherencia.

Pueden distinguirse distintos niveles de adaptación, ya sea del conocimiento científico al conocimiento a enseñar, como del conocimiento a enseñar al conocimiento enseñado. Los docentes son agentes muy importantes en este proceso de transformación del conocimiento.

Para la enseñanza de las ciencias naturales es indispensable tener muy en cuenta algunos aspectos, tales como:

- Los conocimientos que los alumnos poseen, es decir sus ideas previas;
- La concepción de ciencia que tiene el docente;
- El conocimiento científico como tal;
- Los contenidos conceptuales, actitudinales y procedimentales que se esperan que los alumnos aprendan;
- El conjunto de estrategias didácticas que se pondrán en marcha.

Los contenidos de Ciencias Naturales en general y de Física en particular que se trabajan en el aula como contenido curricular, corresponden a un recorte del cuerpo de conocimientos científicos aceptados, que el docente realiza. La enseñanza de estos contenidos debe contribuir a formar en los alumnos una *competencia científica básica*, es decir alfabetizarlos científicamente. Esto implica que a los estudiantes, se les ofrezca:

- Una concepción sobre la estructura y dinámica del mundo natural, para poder comprenderlo primero, respetarlo y transformarlo adecuadamente luego.
- La posibilidad de acceder a formas de indagación exploratoria y experimental.
- Las condiciones para entender y poder hacer uso de las representaciones simbólicas.
- Las herramientas que les permitan tomar decisiones frente a situaciones problemáticas.
- La posibilidad de interactuar de manera amigable con la producción científica y su aplicación tecnológica.

Las disciplinas que conforman el cuerpo de conocimientos de las Ciencias Naturales, tienen en común una forma de acercar al alumno con el *objeto de estudio*, y es recurriendo a la práctica experimental. Se deben promover *observaciones* que le permitan al estudiante avanzar más allá de los datos puramente perceptivos, hay que lograr que el estudiante logre apropiarse del contenido a enseñar, y esto se puede alcanzar desde un marco interpretativo que los dote de *significado*.

Los estudiantes llegan a las aulas de la Universidad trayendo sus experiencias de vida, su historia personal y un bagaje de ideas y explicaciones acerca de los fenómenos del mundo natural. Estos conocimientos previos pueden ser el resultado de experiencias educativas anteriores (escolares o no) o de aprendizajes espontáneos: asimismo, pueden estar más o menos ajustados a las exigencias de las nuevas situaciones de aprendizaje y ser más o menos correctos. En cualquier caso, de lo que no hay ninguna duda, es de que el alumno que inicia un nuevo aprendizaje escolar lo hace a partir de conceptos, concepciones, representaciones y conocimientos que ha construido en su experiencia previa y los utiliza como instrumentos de lectura y de interpretación que condiciona el resultado de aprendizaje (Coll, C., 1987).

Estos preconceptos a veces muy arraigados, son muy resistentes a los cambios e incluso muchas veces perduran en el tiempo, a pesar de la instrucción recibida.

Una de las bases del constructivismo es valorar lo que el alumno ya sabe, rastreando sus ideas previas que, según Ausubel, operan como conceptos inclusores en lo que se anclarán los nuevos conocimientos.

El estudio de los conocimientos previos en ciencias, y más concretamente en temas de Física, ha sido uno de los ejes de la investigación en didáctica de las ciencias durante los últimos 30 o 40 años. Todas estas investigaciones tienen sentido en la medida en que la información disponible a día de hoy, pueda convertirse en una herramienta útil para diseñar actividades de aprendizaje más eficaces.

El trabajo experimental en el aula necesita promover la explicitación de las ideas previas, pues si no se opera con ellas y sobre ellas, pueden constituirse en un verdadero obstáculo para la construcción de nuevos significados. Lograr que los alumnos aprendan ciencia y lo hagan de un modo significativo y relevante, requiere superar no pocas dificultades (Pozo Municio J. y Gómez Crespo; 1998).

Es necesario promover en los alumnos el interés científico y esto sólo se puede lograr acercando la ciencia a sus propios intereses, haciendo que ellos sean artífices de la construcción de su propio conocimiento. Por ello, la enseñanza de las ciencias naturales debe trascender la simple descripción de fenómenos y experimentos, que provocan que los alumnos solo vean a las ciencias como *asignaturas difíciles* puesto que tienen que memorizar una gran cantidad de nombres y fórmulas, que en muchos casos no alcanzan a tener sentido para ellos.

El propósito de la enseñanza de las ciencias naturales tiene que ser desarrollar la capacidad del alumno para entender el medio natural en que vive. Al razonar sobre los fenómenos naturales que lo rodean y tratar de explicarse las causas que los provocan, se pretende que evolucionen sus concepciones sobre el medio, pero sobre todo que se desarrolle su pensamiento lógico y divergente y su actitud científica, entendiendo como tal la formulación de hipótesis y su verificación posterior a través de las experiencias adecuadas apoyándose y desarrollando la actividad espontánea de investigación (Coll, 1978).

Con la enseñanza de las ciencias naturales se intenta también que los alumnos ubiquen la situación del medio ambiente en que viven dentro del contexto social, económico y político. Al relacionar sus prácticas cotidianas y sus problemas con la situación nacional, pueden entender mejor cómo actuar en su propio medio para conservar los recursos y optimizar su uso en beneficio colectivo y de manera sustentable. La formación en ciencias que los alumnos reciben debe contribuir a mejorar sus condiciones de vida, a prepararlos para entender la causa de algunos de los problemas de su medio natural y social, y así poder contribuir a su superación.

Ese conocimiento no empieza en la escuela, como ya se dijo, ya que desde niños tienen relación con la naturaleza y la perciben. La familia y el medio cultural en el que viven les proporcionan las primeras ideas de lo que ocurre a su alrededor. El trabajo de Piaget (1978) explica los mecanismos mediante los cuales los niños desarrollan sus estructuras cognitivas y sus concepciones sobre un fenómeno a partir de su relación con el medio natural. Para Piaget la interacción social sólo juega un papel en el aprendizaje cuando ya existen las estructuras intelectuales formadas en la interacción con el mundo físico. Mientras que para Vygotsky (1984) la interacción social es la que permite desarrollar las estructuras cognitivas que después permiten al niño actuar sobre e interpretar individualmente los fenómenos naturales. Por eso para Vygotsky, la comprensión del mundo físico está fuertemente influida por categorías sociales que interiorizan de un cierto contexto social y cultural. Para él como para Bruner (1984) el conocimiento y el pensamiento humano son básicamente culturales y así la mayor parte del aprendizaje es una actividad comunitaria, en compartir la cultura.

Los cambios que tienen estas ideas siguen un proceso que no puede dar saltos muy grandes. Para que un niño comprenda un nuevo concepto lo tiene que relacionar con algunas de sus experiencias o con las ideas que él ya ha construido. Los alumnos no pueden entender algunas de las explicaciones que dan las ciencias, por mucho que se las presenten con actividades y de manera interesante, porque en algunos casos son muy distintas de lo que ellos piensan. Por la misma razón, los niños entienden mejor y aceptan más fácilmente las nuevas explicaciones que da otro niño o una persona que piensa de manera similar a ellos.

Para que las ideas de los alumnos se vayan acercando a las de la ciencia, es necesario seguir un proceso en el que las concepciones presentes pueden parecer erróneas, pero en realidad son pasos indispensables a respetar en el camino que los acerque a las concepciones científicas. Muchos de estos aparentes errores en las ideas previas de los estudiantes también han sido concepciones que, en otros tiempos, han mantenido los científicos. La ciencia también sigue un proceso en su construcción y lo que hoy parece correcto mañana se encuentra que es insuficiente o parcial, y debe ser cambiado por una explicación superadora.

Por eso la enseñanza de las ciencias naturales pretende que los alumnos piensen sobre lo que saben acerca de su realidad, que lo sepan expresar y que confronten sus explicaciones con las de sus compañeros, con la información que les da el docente u otros adultos y con lo que leen en los libros o reciben a través de los medios de comunicación. De esta manera los alumnos pueden enriquecer las ideas que les resulten inadecuadas.

En esta interacción con el medio social y natural se va desarrollando el hábito de reflexionar sobre la realidad y con ello los alumnos construyen poco a poco su conocimiento sobre ella.

Con actividades sobre temas científicos y tecnológicos los alumnos elaboran nuevos conocimientos sobre su medio natural, pero sobre todo pueden desarrollar actitudes, tales como:

- Expresar sus ideas para que puedan ser entendidos.
- Predecir lo que puede ocurrir en ciertas situaciones.
- Aprender a comprobar sus ideas.
- Argumentar lo que piensan para tratar de convencer a los demás.
- Buscar explicaciones a nuevos problemas para tratar de entender por qué ocurren.
- Comparar situaciones para encontrar tanto regularidades, como diferencias;
- Escuchar y analizar opiniones distintas a las suyas.
- Buscar coherencia entre lo que se piensa y lo que se hace.
- Poner en duda la información que reciben si no la comprenden.

- Interesarse por entender por qué ocurren las cosas de una cierta manera y analizar si no pueden ocurrir de manera distinta.

El desarrollo de estas actitudes representa un aprendizaje muy importante en el camino para acercarse al conocimiento científico, de mucha mayor valía que memorizar cierta información que la ciencia y la tecnología ofrecen.

Para desarrollar estas capacidades es necesario que el docente propicie el diálogo entre los propios estudiantes, que asigne tiempos para que ellos discutan sus diferencias y compartan sus conocimientos y sus ideas sobre los fenómenos naturales.

Las experiencias prácticas sobre fenómenos naturales que llamen su atención y despierten su curiosidad, permite que los estudiantes comparen lo que se imaginan que puede ocurrir en una situación y lo que ellos pueden percibir, y que también confronten sus explicaciones con las explicaciones de otros alumnos. No resulta lógico pretender que en todos los casos lleguen, de manera acabada, a los conceptos como los entiende la ciencia, sino simplemente lograr que evolucione su forma de ver la realidad y de explicarse por qué ocurren los fenómenos a su alrededor.

Lo que un alumno es capaz de aprender, en un momento dado, depende de ciertas características individuales (como su nivel de desarrollo, sus ideas previas, sus aptitudes intelectuales, su interés), pero también del contexto de las relaciones que se establecen en esa situación en torno al conocimiento, y sobre todo, del tipo de incentivo y ayuda que reciba. El conocimiento, tanto en la ciencia como en el aula, se construye en base a las relaciones sociales que participan en el proceso. Y en el proceso de elaboración del conocimiento, juegan un papel importante tanto el lenguaje como las comprensiones comunes (Edwards y Mercer, 1988).

En síntesis, resulta de suma importancia que los docentes podamos intentar facilitarles a nuestros alumnos la apropiación de los conceptos, procedimientos y actitudes de los saberes científicos socialmente significativos, para el desarrollo de una competencia científica básica. Y esto es posible recurriendo al uso de una

*práctica experimental diseñada específicamente* para alcanzar esos objetivos. Las prácticas de laboratorio hábilmente pensadas, permiten a los estudiantes acercarse a la manera de trabajar de los científicos y favorecen también el desarrollo de habilidades relacionadas con la comunicación oral y escrita.

### 2.7 La Física

La Física es una de las disciplinas que forma parte de las llamadas Ciencias de la Naturaleza. Algunos autores la definen diciendo que la Física es la rama de la ciencia que tiene como objetivo principal el estudio del mundo y sus fenómenos, de la materia, de la energía y de sus interacciones (Alonso & Finn, 1986; Tipler & Mosca, 2005). Por su parte, Hewitt (2004) sostiene que la Física, más que una rama de las ciencias naturales, es la *ciencia más fundamental*, que se ocupa del estudio de cosas tan básicas como el movimiento, las fuerzas, la energía, la materia, el calor, el sonido la luz y la composición de los átomos.

La Física ha contribuido al desarrollo y bienestar del hombre porque gracias a su estudio e investigación, ha sido posible encontrar explicación a los diferentes fenómenos de la naturaleza, que se presentan cotidianamente en nuestra vida.

Aunque las ideas sobre el mundo físico se remontan a la antigüedad, el estudio sistemático de la Física puede situarse en la segunda mitad del siglo XVI, con los primeros experimentos realizados por Galileo.

La Física es una ciencia que estudia sistemáticamente los fenómenos naturales, tratando de encontrar las leyes básicas que los rigen. Utiliza la matemática como su lenguaje y combina estudios teóricos con estudios experimentales para obtener las leyes que explican el cómo y porqué de cierto fenómeno natural. Las leyes físicas establecen relaciones matemáticas entre los elementos de un sistema físico y su carácter de verdad científica tiene rangos de validez que son determinados por la experimentación.

A la hora de intentar explicar los fenómenos que se observan, en Física se extrae información de la naturaleza a partir de realizar mediciones de las magnitudes físicas asociadas al fenómeno que se estudia. A continuación, se investiga cómo dicha información está estructurada, ordenada, y se busca encontrar alguna relación existente entre las diferentes medidas tomadas. Esta relación, si se encuentra, recibirá el nombre de *ley física*, y se expresará matemáticamente por medio de una fórmula.

Un aspecto que no suele tener en cuenta el estudiante de Física es que estas fórmulas tienen validez restringida, pues, representan la relación entre observaciones realizadas bajo ciertas condiciones experimentales y con cierto grado de precisión. Esto quiere decir que, si en algún momento, se modifican dichas condiciones, o se incrementa la precisión de las medidas tomadas, las relaciones entabladas podrían cambiar y la fórmula vigente podría ya no ser válida. Esto es parte del trabajo científico: idear nuevos experimentos más precisos o bajo condiciones experimentales diferentes, y ver si las leyes vigentes siguen teniendo validez y en caso negativo mejorarlas.

Si se mira el desarrollo de la Física a través del tiempo, se la puede entender como la historia de esfuerzos perpetuos para impulsar las fronteras de nuestros conocimientos del universo.

### 2.8 La Enseñanza Universitaria de la Física en las Carreras de Ciencias: algunos aspectos de su problemática

Las investigaciones existentes acerca del desempeño escolar en la enseñanza universitaria de Física tienden a centrarse en factores *académicos* y también *no académicos*, principalmente psicosociológicos estos últimos. Existe, sin embargo, un consenso tácito en considerar que los factores académicos, en general, y la calidad de la enseñanza, en particular, contribuyen necesariamente al fracaso escolar, a pesar de no ser los únicos factores. Además de esto, los factores académicos son, al

menos teóricamente, los más fácilmente alterables mediante la intervención de los docentes universitarios.

En la mayoría de las carreras de ciencias de las universidades argentinas, los primeros cursos de Física son de duración cuatrimestral y están caracterizados por el desarrollo en forma separada de tres principales actividades: las clases teóricas, las clases de resolución de problemas de papel y lápiz y los trabajos prácticos de laboratorio.

Así, el profesor responsable de la asignatura, expone en una clase masiva para todos los estudiantes, los contenidos teóricos correspondientes al programa que él ha planificado y que, en general, responde a las orientaciones didácticas de los libros de textos tradicionales para este nivel.

La actividad de resolución de problemas se estructura en forma de guías de trabajo que muestran situaciones y cuestiones sobre la mayor parte de los temas de las clases teóricas. Durante el desarrollo de estas clases, se resuelven una gran cantidad de problemas, seleccionados en su mayoría de los que figuran en la guía, y en ellas todos los estudiantes tienen la oportunidad de consultar sus dudas al docente a cargo de las mismas.

Finalmente, las actividades de laboratorio asociadas al curso se desarrollan en días y lugares especialmente asignados, se trabaja en grupos y de acuerdo a guías pautadas, bajo la atenta supervisión del profesor responsable de esta actividad.

La acreditación del curso se realiza a través de la aprobación de dos (o tres) evaluaciones parciales, consistentes en la resolución de problemas de papel y lápiz, y un examen final, que suele estar dividido en dos instancias: una primera parte de carácter práctico (resolución de problemas y, en algunas ocasiones, respuesta a preguntas sobre la práctica experimental realizada) y otra de carácter teórico.

Además, vale recordar que en general, la enseñanza universitaria es el resultado de una tradición empírica, fuertemente arraigada, y carente de una fundamentación

didáctica; es decir, orientada por concepciones (ideas, comportamientos y actitudes) de sentido común (Gil y Beléndez, 1990).

Pero, desde hace un tiempo a esta parte, se percibe una tendencia al desarrollo y cambio en este tipo de enseñanza de la Física universitaria, que deriva de los resultados de la investigación en Didáctica de las Ciencias.

En particular, se ha comprobado que las asignaturas de Física que tradicionalmente se imparten en los primeros cursos universitarios, según las características antes enunciadas, no parecen adecuadas para que los alumnos comprendan los conceptos de dicha disciplina (McDermott, 1997; Hake, 1998a; Mazur, 1997).

La investigación en didáctica de la Física puede y debería contribuir a mejorar su enseñanza universitaria. Por ello resulta primordial fomentar estudios serios y sistemáticos sobre el fracaso en estas áreas, en particular al abordarlo desde el enfoque que es más susceptible de ser cambiado por parte de las instituciones universitarias: *la forma en que se enseña en las mismas*.

La crítica de estos modos de concebir la enseñanza universitaria constituye un aporte central que debe realizar la investigación educativa en ciencias y avanzar decididamente en esa dirección.

Otros resultados de la investigación educativa referidos a dificultades de aprendizaje y bajos rendimientos en estudiantes universitarios de Física, hacen referencia a la *complejidad* matemática que ofrece esta disciplina, como uno de los factores que más inhiben a los alumnos, y señalan la rapidez indebida con que los profesores de Física enseñan las representaciones matemáticas del mundo físico, como una de las causas de sus dificultades de comprensión (Monk, 1994). Este autor recomienda comenzar la enseñanza de una manera fenomenológica, presentando y mostrando si es factible el fenómeno a estudiar, haciendo que los estudiantes se centren en interpretar los distintos fenómenos físicos e introduciendo de manera gradual las representaciones algebraicas de los mismos.

Diversos autores (McDermott et al., 1987; Goldberg y Bendall, 1995) opinan que las materias introductorias no permiten un entendimiento conceptual satisfactorio de la Física básica, ya que se registran dificultades en conectar diversas representaciones como gráficos, diagramas y ecuaciones, conceptos básicos y principios, con fenómenos del mundo real. Señalan, además, que el conocimiento que se consigue parece consistir en datos o hechos separados, fórmulas y ecuaciones organizadas pobremente, lo que les impide retenerlas y usarlas.

Otro aspecto que influye negativamente en el aprendizaje de la Física, es la existencia y persistencia de ideas previas en los estudiantes: hay evidencias muy fuertes de la presencia de errores conceptuales, preconcepciones o ideas previas, en los estudiantes, que influyen negativamente y obstaculizan su proceso de aprendizaje, que muy habitualmente no son consideradas en la enseñanza y que permanecen intactos después de la instrucción. Estos hechos fueron corroborados en diversas universidades argentinas: Santilli y Aveleyra (1995) determinaron, a partir de entrevistas clínicas individuales de alumnos de primer año de ingeniería, el perfil de los modelos con que los alumnos resuelven cuestiones sobre mecánica durante los cursos.

A partir de la comparación de los mismos con los modelos científicos, concluyeron, como otros autores (Bandiera et al., 1995; Goldberg y Bendall, 1995), que los estudiantes utilizan planteamientos intuitivos pre-galileanos, usando *la teoría del ímpetu* para explicar el movimiento de los cuerpos; asocian fuerza con velocidad, suponen fuerza únicamente en el sentido del movimiento y, en general, notan una falta de relación y de significado preciso de los vectores velocidad, fuerza y aceleración.

Otro aspecto importante a tener en cuenta, es la visión deformada de la ciencia que muestran los alumnos. González, E. (1994) y Salinas, J (1994) indican, en relación con los trabajos prácticos de laboratorio, que la Física del ciclo básico de las ingenierías no sólo no acerca a los estudiantes a las características del trabajo científico, sino que transmiten una visión deformada de la ciencia; es decir, que habitualmente no se incluyen como actividades a ser realizadas por los estudiantes,

como por ejemplo, el tratamiento cualitativo de la situación planteada, la emisión de hipótesis, el diseño de experiencias, etc. Esto es así a pesar de que muchos de los docentes del ciclo básico, son investigadores en la disciplina; o sea, que no conectan su propia actividad profesional con las actividades que proponen a los estudiantes.

La enseñanza de la *Física universitaria*, en todo el mundo, de hace un tiempo a esta parte, está atravesando un proceso de desarrollo y cambio, fácilmente comprobable por los aportes que se realizan en diferentes foros y congresos internacionales. Una de las principales razones de esta nueva dinámica es la constatación del desajuste existente entre lo que se enseña a los estudiantes y la visión que ellos acaban teniendo de la Física. La enseñanza de los conocimientos teóricos es un problema que preocupa cada vez más, ya que es cada vez mayor la cantidad de respuestas erróneas que los estudiantes dan a cuestiones teóricas que exigen, no sólo la mera repetición de la teoría recibida en clase sino la aplicación creativa de dichos conocimientos.

La sociedad actual demanda una enseñanza en ciencias que permita a la mayoría de la población disponer de los conocimientos científicos y tecnológicos necesarios para desenvolverse con bien en la vida cotidiana, ayudar a resolver los problemas y satisfacer aquellas necesidades básicas.

*“El proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia Física responde a las demandas y necesidades del desarrollo de la sociedad en cada período histórico. De esa manera, el proceso tiene como objetivo desarrollar integralmente al estudiante en el aspecto de la formación de su actividad cognoscitiva, del desarrollo del pensamiento y de sus conocimientos y habilidades, así como en el aspecto de su personalidad”* (Campelo, A. J. R., 2003: pag 87).

La investigación en educación en Física adopta en sus fundamentos epistemológicos, psicológicos y gnoseológicos la postura constructivista (Moreira, 1993). Sin embargo, en las aulas se siguen observando situaciones propias de un entorno positivista. Son muchas las estrategias áulicas que suponen absoluta compatibilidad con los alumnos y realismo interpretativo, y que transmiten una postura epistemológica diferente a la que declaran los docentes al ser consultados. Una posible causa de esto podría ser la poca práctica en la articulación de enfoques

de enseñanza diferentes al “tradicional”, caracterizado por la transmisión de conocimientos verbales, y ubicando al docente como un mero proveedor de conocimientos ya elaborados.

En ciencias naturales, en general, y en Física, en particular, la situación descrita dificulta que los alumnos comprendan el carácter “modélico” de la disciplina. La Física recurre a la construcción de modelos, que pueden resultar una buena interpretación de la realidad y cercana a ella, pero no deben ser confundidos con la realidad misma. Los modelos nunca dejan de ser una conjetura sobre lo real. Nunca pierden su carácter provisional y deben valorarse como instrumentos para producir explicaciones y predicciones de fenómenos (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001).

La adquisición del conocimiento científico, físico en particular, requiere un cambio profundo de las estructuras conceptuales y las estrategias habitualmente usadas en la vida diaria, y que ese cambio, lejos de ser lineal y automático, resulta ser el producto arduo de un largo proceso de enseñanza.

La labor de la educación científica es lograr que los alumnos construyan en las aulas actitudes, procedimientos y conceptos que por sí mismos no lograrían elaborar en contextos cotidianos y habituales, y que siempre que esos conocimientos les resulten funcionales, los puedan transferir a nuevos contextos y situaciones.

Ante la idea de que el aprendizaje de la Física, debería lograrse por un descubrimiento personal de los alumnos o mediante instrucción directa por parte del profesor, los modelos basados en el conflicto cognitivo adoptan una postura intermedia. Es decir, se trata de partir de las ideas previas de los alumnos para, confrontándolas con situaciones conflictivas, propiciar un enriquecimiento o evolución conceptual hacia teorías más próximas al conocimiento científico. Resulta claro que este enfoque adopta una postura claramente constructivista, ante la naturaleza del conocimiento y su adquisición.

En la enseñanza basada en el conflicto cognitivo se asume que es el alumno el que elabora y construye su propio conocimiento, como así también que es el responsable de tomar conciencia de sus propias limitaciones y ver cómo resolverlas.

En este enfoque las ideas previas ocupan un rol distinguido, de forma tal que el principal objetivo de la educación científica será producir cambios en esas ideas previas de los alumnos de manera de alcanzar el ansiado enriquecimiento conceptual.

En esta postura, se da por válida una incompatibilidad entre el conocimiento cotidiano y el científico, que debe ser resuelta, y para ello, las ideas previas de los alumnos necesitan intentar mudar hacia el conocimiento científicamente aceptado. La forma de lograr esta evolución, como meta fundamental de la educación científica, es hacer que el alumno reconozca los límites de sus propias concepciones alternativas y, en esa medida, se sienta insatisfecho con ellas y dispuesto a adoptar otros modelos más potentes o convincentes.

La idea básica de estos modelos es que el enriquecimiento conceptual se producirá como consecuencia de someter a esos conocimientos a un conflicto cognitivo que obligue a modificarlos en beneficio de una teoría más explicativa y comprensiva.

De esta manera, y a modo de ejemplo, si se enfrenta a un alumno que cree que los objetos pesados caen más rápido que los más livianos, a una situación experimental en la que pueda comprobar que la velocidad de caída es independiente de la masa de los objetos, el alumno se verá obligado a reestructurar su conocimiento para asimilar la nueva información puesta en evidencia por los resultados prácticos.

No es de esperar que la simple presentación de una situación conflictiva dé lugar a un inmediato enriquecimiento conceptual sino que seguramente se requerirá, como es habitual observar en la historia de las ciencias, una acumulación de conflictos que provoquen cambios cada vez más importantes en la estructura de conocimientos de los alumnos. Para ello se deben diseñar actividades didácticas con el fin de dirigir u orientar las respuestas de los alumnos a esos conflictos.

Estas respuestas pueden ser muy variadas. En general, frente al desequilibrio cognitivo que representa el conflicto planteado, la respuesta más sencilla y que menor cambio produce en los conocimientos, sería que no lo reconozca como tal. Por otra parte, cuando el alumno toma conciencia del conflicto, y lo convierte en

una contradicción, la respuesta más elemental sería considerarlo como un contraejemplo excepcional o como un caso anómalo que no afecta a la teoría, por lo que ésta se mantiene intacta, dando lugar como máximo a una revisión de creencias, o a una acumulación de más información sobre la teoría. Una respuesta más compleja cognitivamente hablando, y que produciría mayor cambio en la estructura de conocimiento, sería establecer ciertas diferenciaciones o generalizaciones conceptuales dentro de la propia teoría para resolver el conflicto. Por último, la respuesta más radical sería la reestructuración profunda de la propia teoría, dando lugar a un enriquecimiento conceptual que afecte a los principios que la sustentan.

De esta forma, vemos que la enseñanza basada en el conflicto cognitivo requiere un cuidadoso diseño de las actividades de enseñanza, que implica también ayudar al alumno a resolver sus conflictos, en lo que difiere claramente de la enseñanza por descubrimiento. El alumno necesita tomar conciencia, por un proceso de explicitación, de los errores aportados por su teoría, para acabar asumiendo la superioridad de las nuevas teorías científicas.

En lo que respecta al proceso de evaluación, no interesa tanto evaluar el grado en que los alumnos verbalizan los conceptos científicos, sino más bien comprobar en qué medida aplican esos conocimientos para resolver problemas y afrontar situaciones nuevas. El alumno estará aprendiendo ciencia, en la medida que sea capaz de aplicar las teorías científicas recibidas, a nuevos contextos y situaciones.

### 2.9. La Actividad Experimental y el Enriquecimiento Conceptual, como ejes de la presente investigación

A pesar de los esfuerzos que se orientan en el sentido de mejorar la Enseñanza de la Física, los resultados que se logran no son del todo buenos. Si pensamos que los conocimientos relacionados con la Física debieran pasar a formar parte de la cultura del hombre, dicho objetivo no se ha logrado (Maiztegui, 1991), fundamentalmente en el nivel medio de educación. Este hecho podría traer como

consecuencia que el nivel superior (terciario y universitario) muestre un importante porcentaje de jóvenes que fracasan en Física (Pozo Cisternas, 1999).

Hacia la década del 60 del siglo pasado, o algo después, se inicia un movimiento en la comunidad científica en general y en Física, en particular, que evoluciona cuarenta años después dando lugar a un número importante de grupos que investigan sobre cómo mejorar los resultados en el ámbito de la Enseñanza de la Física.

Es así que aparecen distintas líneas de investigación en España, América Latina y en Argentina, ocupándose una de ellas de la problemática de la enseñanza experimental (Tricárico, 1985; Gil Pérez, y Paya, 1988; Salinas y Cudmani, 1992; Gil Pérez y González, 1993; Gil Pérez y otros, 1994; Villani y Orquiza, 1995; Sandoval, 1996; Barberá y Valdés, 1996; Fondère y Séré, 1997; Capuano y otros, 1999; Martínez y otros, 2001; Capuano y otros, 2001a; Capuano y otros, 2001b; Capuano y Martín, 2001; Follari y otros, 2001; Capuano y Martín, 2003; Martín y Capuano, 2005).

El mayor interés de las investigaciones en enseñanza de la Física, reside en la elaboración de estrategias que favorezcan la construcción del conocimiento en el proceso de enseñanza y de aprendizaje (Brincones, 1994).

El funcionamiento del sistema cognitivo humano en lo que se refiere a la construcción de conceptos en el ámbito de la Física es altamente sensible a su interacción con la naturaleza (Pozo y Gómez Crespo, 1998). Quienes enseñan Física no aprovechan, en general, los ejemplos de la vida diaria, ni las necesidades que el hombre tiene de encontrar respuestas a sus interrogantes, como un camino para despertar el interés de los jóvenes ni tampoco las ventajas que presentan las prácticas de laboratorio, como herramientas útiles en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Física (Salinas y Cudmani, ob. cit.; Capuano y otros 1997; y Sebastián, 1987).

Actualmente, las diferentes concepciones constructivistas contemplan el aprendizaje como una construcción de significados, donde las ideas previas

contribuyen a la interpretación de nuevas situaciones. El aprendizaje tiene lugar mediante la interacción de las ideas propias con:

- a) las de los otros. Modificándose así estas ideas que se amplían o experimentan cambios más o menos profundos durante el proceso (Millar R y Driver R, 1987).
- b) la realidad, manipulándola. Así, es el sujeto quien construye el conocimiento de una forma activa. “Se trata de una posición interaccionista donde el conocimiento está determinado tanto por las propiedades de la realidad como por las del sujeto y su entorno” (López y Pérez, 2000).

Es por ello que la realización de los trabajos prácticos de laboratorio durante el curso de una materia aparece como una oportunidad óptima para estos dos tipos de interacciones y, por lo tanto, de construcción de los conocimientos. Si el objetivo es enseñar ciencia, desde el punto de vista del constructivismo, *“los trabajos prácticos deberían reflejar las características esenciales del trabajo científico y por tanto, contribuir a que los alumnos se familiaricen con la metodología científica”* (Gamboa Mora, M. C., 2003: pag. 3). En este trabajo citado se utilizan diferentes instrumentos para indagar alumnos y docentes universitarios de química, con las siguientes conclusiones:

- No existe un paradigma de enseñanza preponderante dentro de los diferentes programas de formación profesional.
- La concepción de experimento se asocia a la práctica de laboratorio, como comprobación de una teoría y no relacionado con producción de conocimiento.
- Los trabajos prácticos propuestos por los docentes en el nivel superior de educación, no familiarizan a los estudiantes con la metodología científica.
- Las actividades prácticas, no son sometidas a discusiones grupales ni a contrastaciones teóricas, luego, el estudiante no tiene espacios en los cuales vivencie situaciones similares a las que tienen quienes investigan.
- No hay un claro planteamiento de problemas dentro de las prácticas de laboratorio, ni una metodología por investigación.

- La ciencia es concebida como un ordenado conocimiento.

En palabras de Fernández et al (2005)

*“El análisis de la enseñanza de las ciencias ha mostrado, entre otras cosas, graves distorsiones de la naturaleza de la ciencia que justifican, en gran medida, tanto el fracaso de buen número de estudiantes como su rechazo de la ciencia. Hasta el punto de que hayamos comprendido que la mejora de la educación científica exige, como requisito ineludible, modificar la imagen de la naturaleza de la ciencia que los profesores tienen y transmiten. En efecto, numerosos estudios han mostrado que la enseñanza transmite visiones de la ciencia que se alejan notoriamente de la forma como se construyen y evolucionan los conocimientos científicos. Visiones empobrecidas y distorsionadas que generan el desinterés, cuando no el rechazo, de muchos estudiantes y se convierten en un obstáculo para el aprendizaje”* (Fernández et al, 2005: pag. 2).

En el presente trabajo se han logrado fusionar los intereses y objetivos perseguidos en esta investigación, con las propuestas pedagógicas ofrecidas por las cátedras de Física I (Biología) y Física I (Geología), proclives a una enseñanza constructivista y aprendizaje significativo, centrados en el alumno como actor principal del acto educativo.

En esta investigación se pudieron abordar y relacionar tres temas centrales: *práctica experimental, conflicto cognitivo y evolución o enriquecimiento conceptual*.

Es decir, se logró diseñar una *Práctica Experimental Crucial (PEC)* que tratara de reproducir la experiencia crucial de Galileo con el plano inclinado, a los fines de generar *un conflicto cognitivo* en los estudiantes, y de esta manera propiciar el *enriquecimiento conceptual*, en lo referido al movimiento de los cuerpos y las fuerzas que sobre ellos actúan, en un plano inclinado.

### Capítulo 3: Encuadre Metodológico

Se inicia este capítulo definiendo a la *investigación científica*. Se continúa con una descripción pormenorizada del *encuadre metodológico* del trabajo, iniciando luego un recorrido detallado a partir de las *unidades de análisis*, de las *variables involucradas*, de los *instrumentos seleccionados* y de la forma en que se *recolectó y procesó la información*. Finalmente, se explicitan las características de la *PEC*, *PET*, *del software utilizado* y la forma en que se trabajó el *nivel de significación*.

#### 3.1 Acerca de la Investigación Científica

Cuando se dice que se *investiga* en el ámbito de las ciencias sociales, cabe hacerse la pregunta si realmente *¿se está realizando una investigación?* Este es un interrogante que todo docente, que intenta incurrir en el proceso de investigación en el ámbito educativo necesita hacerse previamente, para reflexionar al respecto, buscar respuestas y no equivocarse el rumbo de las acciones a seguir.

Resulta de interés fijar postura de lo que significa investigar, y para ello se puede recurrir a la siguiente definición: *“la investigación social es una forma de producción de conocimiento que se caracteriza por la construcción de evidencia empírica elaborada a partir de una teoría, aplicando reglas de procedimiento explícitas (el método)”*. (Sautu et al., 2005: pag 34.)

Investigar científicamente es una tarea que implica un proceso de aprendizaje que necesariamente demandaría disciplinar y sistematizar el pensamiento y las acciones a desarrollar. Es decir que requeriría conocer los conceptos centrales del área de la disciplina en que se investigue, y los procesos que la comunidad científica en general, utiliza para generar nuevos conocimientos aceptados por ella. (Gómez, M. M., 2006)

La investigación científica no tiene que ser considerada como algo que responde a un *proceso lineal*, puesto que no es solamente una sucesión de pasos y actividades que de manera indefectible al desarrollarse, darán como resultado final un conocimiento irrefutable, sino que por el contrario, conlleva marchas y contramarchas, y también implica el desarrollo de reglas lógicas del pensamiento, selección de criterios adecuados para tomar decisiones y el uso de procedimientos apropiados con el fenómeno que se investiga, de manera que el resultado de todo este proceso consista en un aporte valioso a la ciencia.

Se debería comprender que, realizar una investigación científica implica en general, desarrollar un trabajo intelectual y de reflexión, destinado a elaborar una conjetura posible, y ejecutar también un trabajo empírico, una labor de recolección de datos, que permita obtener información que apoye o refute las suposiciones.

### 3.2 La Ciencia y su clasificación

Las creencias y los mitos fueron las herramientas a las que apeló el hombre “precientífico” en su intento de explicar los fenómenos de la realidad que lo circundaba. Recién en el siglo XVI, con Galileo y Newton, aparece la ciencia como la conocemos y entendemos hoy, con el investigador que busca y acumula datos, realiza observaciones, compara esos datos y observaciones con la realidad y formula enunciados.

El físico y premio nobel Richard P. Feynman (2001) al referirse a la ciencia la interpreta como una actividad del hombre para observar hechos, contrastarlos, experimentarlos, hacer inferencias, deducir conclusiones, dudar y comprobar los resultados del pasado ya establecido, enseñando en todo momento el valor de la racionalidad.

El término ciencia hace referencia a un cuerpo de conocimientos sistemáticos y estructurados, que se obtiene a través de un método.

Las ciencias pueden clasificarse de acuerdo a múltiples criterios: por su objeto de estudio, por su método, por su finalidad, por su orden histórico de aparición, entre otros.

De acuerdo a la clasificación propuesta por el epistemólogo alemán Rudolf Carnap (1891 – 1970), las ciencias, según su naturaleza y su estructura, se pueden considerar divididas en:

- *Ciencias formales*: allí se ubican la Lógica, la Filosofía y la Matemática.
- *Ciencias naturales*: que incluyen Astronomía, Biología, Física, Química, Geología, Geografía física, etc.
- *Ciencias sociales*: donde se destacan Economía, Sociología, Antropología, Psicología, Psicoanálisis, Historia, Lingüística, Derecho, Educación, Política, Comunicación, Geografía, etc.

### 3.3 Metodología de la Investigación

La investigación científica se concibe como un conjunto de procesos sistemáticos y empíricos que se aplican al estudio de un determinado fenómeno; además es dinámica, cambiante y evolutiva. Según la naturaleza de la información que se recoge para responder al problema de investigación, se puede manifestar de tres formas: *cuantitativa*, *cualitativa* y *mixta*, siendo esta última una combinación de las dos primeras.

Tanto el enfoque cuantitativo como el cualitativo, resultan ser verdaderos paradigmas de la investigación científica, pues ambos emplean procesos que podemos definir como *cuidadosos*, *sistemáticos* y *empíricos* en su esfuerzo por generar nuevo conocimiento o ampliar el ya existente.

Cuando se habla de *diseño de investigación*, se designa y se entiende así al plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en la investigación, es decir, el arreglo de condiciones de investigación a las que serán

sometidos los sujetos bajo estudio, y que permite establecer una relación entre la variable independiente y la variable dependiente. Algunos de estos arreglos pueden ser más o menos precisos para establecer la relación mencionada.

Es recomendable intentar desarrollar un *diseño de investigación* específico para responder a las preguntas de investigación planteadas y cumplir con los objetivos de estudio, y en su caso, para someter a prueba las hipótesis formuladas. El tipo de diseño a seguir se encuentra condicionado por el enfoque, el problema, el contexto, los alcances del estudio y las hipótesis formuladas.

En las investigaciones científicas de enfoque cuantitativo, de acuerdo al tipo de control que se pueda tener sobre las variables, el diseño puede ser *experimental* o *no experimental*. A su vez, los diseños experimentales pueden ser *experimentos verdaderos*, *cuasiexperimentos*, y *preexperimentos*. En los cuasiexperimentos se tienen dos o más grupos, pero los sujetos no se asignan al azar ni se emparejan porque tales grupos ya existían, son grupos intactos. Los cuasiexperimentos alcanzan validez interna en la medida que demuestran la *equivalencia inicial de los grupos* y la *equivalencia en el proceso*. Los preexperimentos se llaman así, porque su grado de control es mínimo, y pueden comprender un estudio de caso con una sola medición y diseño de pretest – posttest con un solo grupo.

Pero ... *¿Qué es el método experimental?*

De manera general, podemos decir que en la investigación de enfoque experimental el investigador manipula una o más variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas. En otras palabras, un “experimento” consiste en hacer un cambio en el valor de una variable (variable independiente) y observar su efecto, su influencia en otra variable (variable dependiente). Esto se lleva a cabo en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular. Casualmente, los métodos experimentales son los adecuados para poner a prueba hipótesis de relaciones causales.

A su vez, podemos distinguir seis características que diferencian a la investigación experimental de otros tipos de investigación. Debemos decir también que, mientras estas características son habituales en las investigaciones desarrolladas en otros campos, en el ámbito de la investigación pedagógica *raramente se pueden seguir en su totalidad*.

Las características aludidas son las siguientes:

1. *Equivalencia estadística de sujetos en diversos grupos normalmente formados al azar*: dicho de otra forma, los sujetos se reúnen en grupos equivalentes para que de esta forma las diferencias en los resultados de la investigación no sean provocadas por diferencias iniciales entre los grupos de sujetos. Normalmente, estos grupos se forman mediante asignación al azar de los individuos.
2. *Comparación de dos o más grupos o conjuntos de condiciones*: es necesario que haya un mínimo de dos grupos de sujetos para establecer comparaciones entre ellos, ya que un *experimento* no se puede llevar a cabo con un único grupo y una única condición experimental.
3. *Manipulación directa de una variable independiente*: como ya se ha dicho, un experimento consiste en manipular variables independientes para observar su efecto en las variables dependientes. Por ello, es una de las características más distintivas del enfoque experimental. La variable independiente se manipula en forma de diferentes valores o condiciones que el experimentador asigna. Dicha asignación por parte del investigador es importante que ocurra, pues de lo contrario, no puede considerarse un experimento real.
4. *Medición de cada variable dependiente*: deben poder asignarse valores numéricos a las variables dependientes. Si el resultado de la investigación no puede ser medido ni cuantificado de este modo, difícilmente se hable de una investigación experimental.

5. *Uso de estadística inferencial:* la estadística inferencial permite hacer generalizaciones a partir de las muestras de sujetos analizadas.
6. *Diseño que permita un control máximo de variables extrañas:* cuando existe una variable independiente no relacionada con el propósito del estudio, pero que puede presentar efectos sobre la variable dependiente, tenemos una variable extraña. Es necesario asegurar que este tipo de variables no influyan en la variable dependiente, o si influyen, lo hagan de un modo homogéneo en todos los grupos.

El presente trabajo se desarrolló en el marco de una investigación de *enfoque cuantitativo* y de *alcance correlacional*.

De acuerdo a los lineamientos planteados por Hernández Sampieri, y otros (2003), en su obra *Metodología de la Investigación*, acerca de los enfoques que se pueden adoptar en una investigación científica con la finalidad de generar conocimientos, el presente trabajo se diseñó y planteó bajo las características propias del *enfoque cuantitativo*. A continuación se realiza una breve descripción de las *fases de proceso cuantitativo* desarrolladas:

1. *Idea de la investigación.* Cuando los alumnos ingresantes a la Facultad llegan a las aulas, disponen de una ciencia intuitiva o un conjunto de ideas previas, que se alejan en más o en menos del saber científico, y estará en los docentes y sus herramientas didácticas, delinear estrategias que permitan modificar esas concepciones a favor del conocimiento científico establecido, con el objetivo de hacer comprensible la ciencia.  
Además, y de manera más específica se puede aseverar que, las ideas previas de los estudiantes que ingresan a la educación formal en las carreras de Biología y Geología de la FCEFN de la UNC, influyen y dificultan fuertemente la construcción del conocimiento en el aprendizaje del movimiento de los cuerpos y las fuerzas que actúan, y persisten aún después de la enseñanza formal.
2. *Problema de la investigación.* El problema específico tratado en esta investigación se puede expresar en los siguientes términos interrogatorios:

- *¿Tendrán los alumnos que ingresan a estudiar las carreras de Biología y Geología de la FCEFyN de la UNC concepciones aristotélicas y pre-newtonianas, en lo que respecta al movimiento de los cuerpos y las fuerzas actuantes?*
  - *¿Serán los trabajos prácticos de laboratorio, diseñados para reproducir algunas de las llamadas “experiencias cruciales” de la Física (experimentos cruciales), capaces de generar algún conflicto cognitivo en los alumnos?*
  - *¿Podrán estos “experimentos cruciales” de la Física, constituirse en una estrategia didáctica eficaz, que favorezca el enriquecimiento conceptual en los estudiantes, en relación con el movimiento de los cuerpos y las fuerzas que sobre ellos actúan?*
3. Revisión de la literatura – Estado del Arte. Para sustentar teóricamente el estudio se procedió a elaborar el marco teórico que permitió obtener una visión de donde quedó situado el planteamiento propuesto, dentro del campo de conocimiento propio de esta investigación. De acuerdo a los propósitos de este estudio se consultó y recopiló información relevante sobre *ideas previas, conflicto cognitivo y cambio conceptual*. Para ello, se consultaron libros, artículos de revistas científicas y ponencias o trabajos presentados en congresos, simposios y otros eventos de características similares.
4. Elaboración de hipótesis y definición de variables.
- 4.1. Se plantearon dos *supuestos de anticipación de sentido*:
- *Los experimentos cruciales acerca del movimiento de los cuerpos y las fuerzas actuantes, que le permitieron al hombre de ciencia sortear sus ideas previas, provocan conflicto cognitivo en los alumnos, en su proceso de aprendizaje.*
  - *Los Trabajos Prácticos de Laboratorio referidos al movimiento de los cuerpos y las fuerzas actuantes, que son diseñados de manera de reproducir las llamadas experiencias cruciales de la Física, se convierten en herramientas útiles para propiciar el enriquecimiento conceptual de los alumnos.*

4.2. En lo que respecta a las variables, se definieron las siguientes: la variable independiente definida en este estudio es el trabajo práctico experimental: práctica experimental crucial (PEC), en el grupo experimental (GE) y práctica experimental tradicional o habitual (PET), en el grupo control (GC). Por su parte, la variable dependiente resultó ser: la presencia y tipo de ideas previas aristotélicas y pre-newtonianas en los alumnos.

5. Diseño de investigación. Como consecuencia de un relevamiento previo sobre resultados de trabajos de investigación referidos a ideas previas de los estudiantes, en referencia al movimiento de los cuerpos y las fuerzas intervinientes, se procedió a *diseñar y elaborar un cuestionario* de opciones múltiples validado, por docentes expertos en la elaboración de cuestionarios.

Dicho cuestionario se aplicó a los alumnos en dos instancias: antes que el tema fuese desarrollado en las clases teóricas y prácticas (Pretest) y luego, después de recibir información y haber realizado la correspondiente práctica de laboratorio (Postest).

Por otra parte, se diseñó un Trabajo Práctico de Laboratorio referido al movimiento y las fuerzas actuantes de cuerpos de distintos tamaños, formas y pesos que se moverán por un plano inclinado. Esta práctica experimental, especialmente elaborada para lograr el conflicto cognitivo en base a la *experiencia “crucial” de Galileo* con el plano inclinado, se utilizó con un conjunto de alumnos que integraron el llamado Grupo Experimental (GE), como parte de las actividades regulares del cursado. El resto de los alumnos, formaron parte del llamado Grupo Control (GC), y llevaron a cabo una práctica experimental “habitual”, sobre cuerpos en movimiento y sus fuerzas actuantes.

En un principio se propuso trabajar con 2(dos) Grupos Experimentales y 4(cuatro) Grupos Control, grupos no confeccionados de manera aleatoria, sino respetando la elección horaria realizada por cada alumno al inscribirse en la asignatura.

Luego de tomar el pretest a todos los alumnos, se analizaron las respuestas obtenidas de una de las comisiones involucradas (elegida de manera

aleatoria) a los fines de categorizarlas y calificarlas con puntaje (entre 1 y 3, de acuerdo al tipo de respuesta dada). Esto permitió elaborar lo que se llamó la *clave de corrección*.

También se aprovechó el Pretest de todas las comisiones, para realizar un estudio estadístico comparado y verificar la equivalencia inicial de los grupos, que permitió comprobar que, a excepción de una de las comisiones de trabajo, las restantes, efectivamente resultaban equivalentes entre sí; y en consecuencia se decidió excluirla a ésta del trabajo, quedando, por cuestiones de eminente carácter práctico, finalmente solo 1(un) GE y 4(cuatro) GC.

Con esa *clave de corrección* implementada se analizaron luego las respuestas del “pretest” y del “postest” de los alumnos de todas las comisiones involucradas.

A través de programas y herramientas estadísticas, se sistematizaron los resultados, se analizarlos y sacaron conclusiones, ya sea comparando notas obtenidas por cada alumno en el Pretest y en el Postest, o comparando las respuestas dadas en cada una de las preguntas por cada alumno en las dos instancias, a los fines de poner en evidencia la presencia de ideas previas y el enriquecimiento o evolución conceptual.

6. *Definición y selección de la muestra.* Se trabajó con la totalidad de alumnos que cursaron la asignatura Física I, en las carreras de Ciencias Biológicas, Profesorado en Ciencias Biológicas y Geología, de la FCEFyN de la UNC.
7. *Recolección de los datos.* Se utilizó un cuestionario de opciones múltiples, con ocho situaciones físicas y catorce preguntas, diseñado con la finalidad de indagar la presencia de ideas previas en los alumnos acerca del movimiento de los cuerpos y las fuerzas intervinientes en ellos. Se lo aplicó en dos instancias: pretest y postest.
8. *Elaboración del reporte de resultados.* Luego de analizar y sistematizar toda la información relevada, se procedió a interpretar los resultados, sacar conclusiones y plantear recomendaciones finales.

### 3.4 Unidades de Análisis

El trabajo de investigación se desarrolló con la totalidad de alumnos que cursaron la asignatura *Física I* correspondiente al ciclo lectivo 2016, en las carreras de *Ciencias Biológicas*, *Profesorado en Ciencias Biológicas* y *Ciencias Geológicas*, todas ellas de la FCEfN de la UNC, es decir con un universo de 185 estudiantes.

### 3.5 Variables del estudio

A la hora de establecer las variables que van a intervenir en la investigación, resulta conveniente clasificarlas según su función, pudiendo ser variables independientes o dependientes:

#### 3.5.1 Variables independientes

La variable independiente trabajada en este estudio es *el trabajo práctico experimental: práctica experimental crucial (PEC), en el grupo experimental (GE) y práctica experimental tradicional o habitual (PET), en el grupo control (GC)*.

Por su parte, cabe mencionar que en cualquier investigación, todo el proceso puede verse afectado por situaciones contextuales, procedimentales o incluso, las propias de cada alumno o docente implicado. Por lo tanto, y ante la imposibilidad de homogeneizar todas las situaciones, es conveniente tratar de controlar todos los factores posibles y tratar de mantenerlos constantes en la medida de lo factible.

En este grupo de variables, que no han sido objeto de la investigación y que por tanto, aunque presentes no se han considerado, encontramos:

a) En relación a los alumnos:

- *Sexo, edad y carrera que cursa.*
- *Estilos cognitivos, capacidad de razonamiento e implicación en la investigación.*

b) En relación a los docentes:

- *Docente que realiza la intervención en cada grupo de alumnos.*

### 3.5.2 Variables dependientes

Son aquellas en las que centramos la investigación y las que van a medir las consecuencias de la intervención realizada. Las hipótesis de trabajo son las que han establecido la relación que hay o puede haber entre ellas, en función de la manipulación que se realice.

En esta investigación se trató de encontrar las consecuencias de una metodología concreta, basada en un trabajo práctico especialmente diseñado en base a una experiencia “crucial” de la Física (PEC), para lograr generar en los alumnos un conflicto cognitivo, que pudiese propiciar una evolución y/o desarrollo conceptual, por tanto, es lógico aceptar que las variables trabajadas se relacionan tanto con el *estado inicial* de los alumnos y los grupos de trabajo, como con la metodología empleada:

- *Presencia y tipo de ideas previas en los alumnos: es la variable más importante del proceso y la que se trata de reconocer y mejorar con la intervención didáctica, de hecho el fin último de cualquier proceso de aprendizaje es aumentar el grado de conocimientos, tanto de forma cuantitativa como cualitativa, además en cada uno de sus aspectos, tanto conceptuales, procedimentales como actitudinales. Es importante tratar de identificar el tipo de ideas que presenta el alumno, ya sean correctas o erróneas. La forma de evidenciar y explicitar esta información fue a través del cuestionario diseñado para conocer esta característica de cada alumno previa al tratamiento, es decir al uso de la PEC o la PET, según el grupo.*
- *Enriquecimiento conceptual: se midió, en general, a través del análisis de la diferencia entre los puntajes obtenidos por cada alumno en las*

---

*respuestas dadas al cuestionario, en las etapas “posterior” y “previa” al tratamiento respectivo.*

### 3.6 Instrumento de recolección de datos seleccionado<sup>1</sup>

Como consecuencia de un relevamiento previo sobre resultados de trabajos de investigación referidos a ideas previas de los estudiantes, en referencia al movimiento de los cuerpos y las fuerzas intervinientes, de problemas propuestos en libros de uso frecuente en el ciclo básico universitario y de las necesidades propias de este proyecto, se procedió a *diseñar y elaborar un cuestionario* de opciones múltiples de ocho situaciones físicas y hasta tres preguntas por cada situación (14 preguntas en total), validado por el análisis y opinión de docentes del Departamento de Física de la FCFyN de la UNC, con suficiente experiencia en la elaboración de cuestionarios y en la detección de ideas previas.

A continuación, se ofrece un diagrama que sintetiza aquellos aspectos que se tuvieron en cuenta, al momento de su diseño y puesta en uso.

---

<sup>1</sup> Ver Anexo 1, cuestionario utilizado para recolectar información.

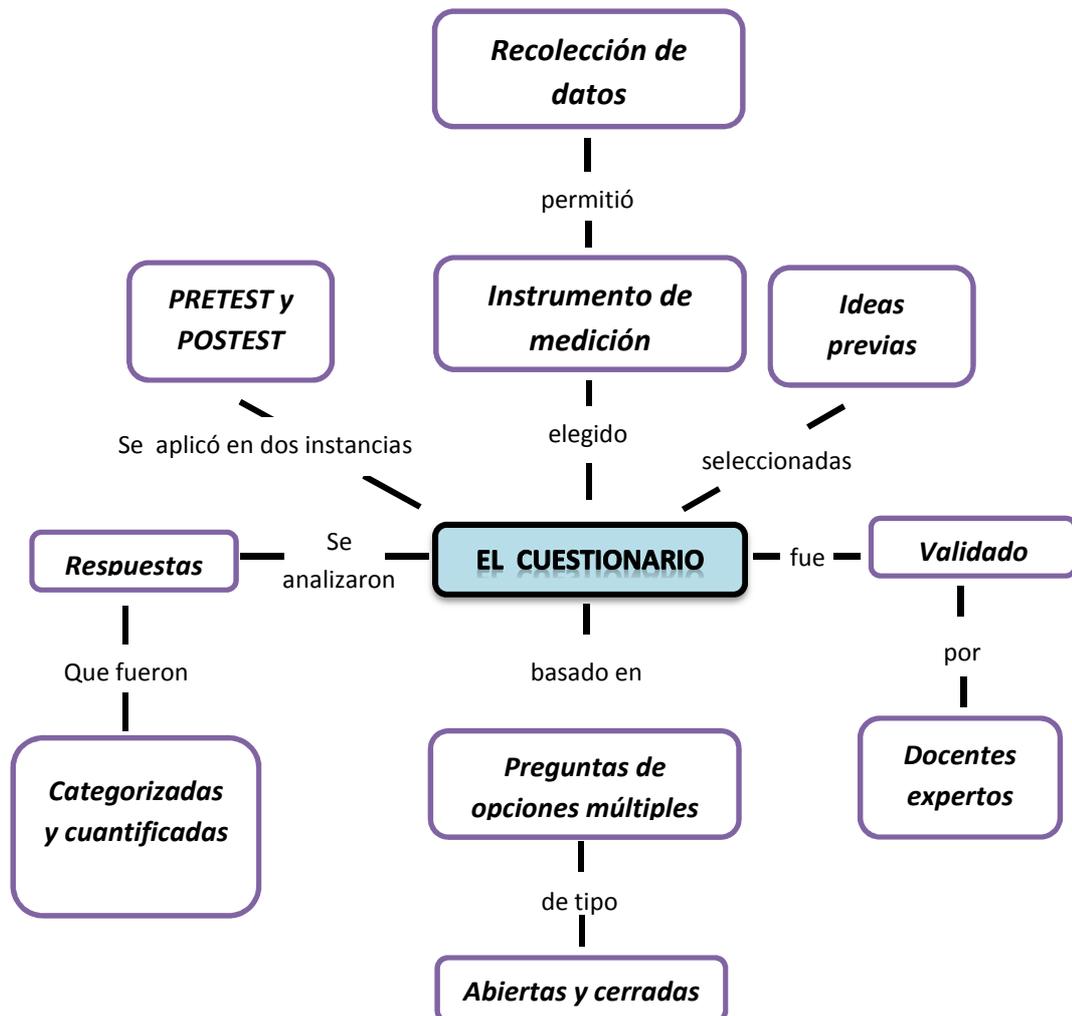


Fig.3.1 Diagrama referido al diseño y uso del cuestionario empleado

### 3.7 Puesta en práctica del Diseño de Investigación

El cuestionario se aplicó a la totalidad de alumnos de las materias *Física I (Cs. Biológicas y Profesorado de Cs. Biológicas)* y *Física I (Cs. Geológicas)*, distribuidos en seis comisiones: 4(cuatro) de *Física I de la Escuela de Biología* y 2(dos) de *Física I de la Escuela de Geología*.

Dicho cuestionario se aplicó a todas las comisiones, en dos instancias: “pretest”, antes que el tema fuese desarrollado en las clases teóricas y prácticas (antes de la instrucción) y luego, “postest”, es decir después que los alumnos participaran de

clases teóricas, resolvieran ejercicios y realizaran la correspondiente actividad práctica de laboratorio.

Si bien se intentó cuantificar el enriquecimiento o desarrollo conceptual que pudiesen lograr los alumnos a través de la realización de una práctica experimental crucial, especialmente diseñada para generar un conflicto cognitivo, no es menos importante mencionar que entre el pre y el postest, mediaron también en todas las comisiones clases teóricas y clases de resolución de problemas, las cuales fueron desarrolladas por los docentes a cargo, tratando de respetar las instrucciones impartidas a los fines de homogeneizar (en la medida de lo posible) dichas acciones didácticas.

Al interior del espacio curricular, se desarrollaron clases teóricas relativas al tema dinámica, que se iniciaron con una introducción sobre las concepciones aristotélicas relativas al movimiento, para luego presentar las leyes de Newton. Si bien se enunciaron clásicamente, utilizando el pizarrón, se plantearon situaciones físicas que se representaron esquemáticamente, con el propósito de que los alumnos interpretaran el significado de cada una de las leyes. Luego se propusieron ejemplos (plano inclinado, ascensor, cuerdas de vínculo, tensiones, caída libre) en los que se identificaron las fuerzas que actuaban y finalmente se aplicó la Segunda Ley para inferir sobre su movimiento. El 80% de los ejemplos propuestos en el desarrollo teórico fueron unidimensionales (movimiento rectilíneo), mientras que el resto introdujo la problemática del plano (tiro oblicuo y movimiento circular).

Los problemas propuestos para su solución, podían ser numéricos o de análisis del comportamiento de alguna variable física, cuando cambia otra con la cual el problema planteado establece relación. Las situaciones problemáticas involucraron la totalidad de los temas que se señalaron en el párrafo anterior, y aproximadamente se mantuvieron los porcentajes indicados, entre los problemas en una y en dos dimensiones.

La experiencia y percepción docente indica que, año tras año, no se observan diferencias significativas en lo referido a conocimientos previos de los alumnos sobre temas específicamente físicos, lo que hizo presuponer que las comisiones,

conformadas aleatoriamente según la elección horaria realizada por cada alumno, resultaban *equivalentes* entre sí. En un principio, como ya se dijo, se propuso trabajar con 2(dos) Grupos Experimentales, uno en Física I (B) y otro en Física I (G), y 4(cuatro) Grupos Control, repartidos equitativamente entre las dos asignaturas.

Pero, luego de tomar el pretest a todos los alumnos, analizar y categorizar sus respuestas, se realizó un estudio estadístico comparado (análisis de la varianza, en adelante ANOVA), que permitió comprobar que, a excepción de la Comisión 3, las restantes, efectivamente resultaban equivalentes entre sí. En consecuencia, se decidió trabajar únicamente con las comisiones designadas como 1, 2, 4, 5 y 6, excluyendo del proyecto a la comisión 3. A su vez, se decidió tomar a la Comisión 1 como *Grupo Experimental (GE)*, y las restantes pasaron a integrar el *Grupo Control (GC)*.

La siguiente Tabla 3.1 muestra cómo quedaron distribuidas las comisiones de alumnos, ya sea GE o GC y según su pertenencia a la Escuela de Geología o Biología.

Física I (Escuela de Geología)		Física I (Escuela de Biología)		
<i>Comisión</i> 1	<i>Comisión</i> 2	<i>Comisión</i> 4	<i>Comisión</i> 5	<i>Comisión</i> 6
<b>GE</b>	GC	GC	GC	GC

Tabla 3.1 Comisiones y Grupos de Control (GC) y Experimental (GE).

Cabe mencionar que los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante el empleo del software InfoStat/E acoplado al software R. Para las variables de respuesta se realizaron análisis de la Varianza (ANOVA) corroborando el cumplimiento de los supuestos (distribución normal y homogeneidad de varianza). Dado que el número de muestras (alumnos) no fue el mismo en cada tratamiento, el ANOVA se interpretó como correspondiente a un diseño desbalanceado, es decir a partir de la suma de cuadrados tipo I (pruebas secuenciales). De todos modos cabe destacar que la suma de cuadrados tipo I debe arrojar el mismo resultado que la de tipo III cuando el diseño es balanceado; en este caso, pese a tratarse de un diseño desbalanceado ambas pruebas arrojaron el

mismo resultado mostrando que el desbalance entre los tratamientos no ejerce influencia en el resultado posterior. En los casos en los que el ANOVA indicó diferencias significativas entre tratamientos, se realizó la comparación de medias mediante el test de Tuckey.

Por otra parte, se diseñó una *Práctica Experimental "Crucial" (PEC)* referida al movimiento y las fuerzas actuantes de cuerpos de distintos tamaños, formas y pesos que se movían por un plano inclinado. Esta práctica experimental, especialmente elaborada para intentar lograr el conflicto cognitivo en base a la *experiencia crucial de Galileo con el plano inclinado*, se utilizó con el conjunto de alumnos que integraron el mencionado Grupo Experimental (GE), como parte de las actividades regulares de la asignatura. El resto de los alumnos, que integraron el llamado Grupo Control (GC) de las citadas materias, desarrollaron una *Práctica Experimental Tradicional o habitual (PET)*, sobre cuerpos en movimiento y sus fuerzas actuantes. Como ya se mencionó, se utilizó la técnica del "pretest" y "postest" para comparar resultados obtenidos entre los grupos. Entre el pretest y el postest, todos los alumnos recibieron las mismas clases "teóricas" y "clases prácticas de problemas" y solo exhibieron como acción didáctica diferente, la práctica experimental: los alumnos del GC hicieron la PET y los alumnos del GE la PEC. A los fines de equiparar las acciones didácticas en ambos grupos, luego de responder el postest, los grupos intercambiaron las experiencias de laboratorio, es decir el GE desarrolló la PET y el GC, la mencionada PEC.

Luego que los estudiantes respondieran al cuestionario en la instancia previa (pretest), se procedió a analizar las respuestas dadas en una de las comisiones involucradas (elegida de manera aleatoria) a los fines de poder categorizarlas, agruparlas y asignarles una valoración numérica. Esa categorización que se implementó, se utilizó luego para analizar todas las respuestas del "pretest" y del "postest", de todos los alumnos de todas las comisiones.

### 3.8 Sobre la PET y la PEC

Como fue mencionado, a las clases teóricas y de resolución de problemas, se les agregaron las clases de práctica experimental. En los capítulos correspondientes a cinemática y dinámica, estuvo prevista la realización de trabajos prácticos de laboratorio usando cuerpos que se mueven en un plano inclinado.

La *PET (Práctica Experimental Tradicional)*<sup>2</sup> consistió en una experiencia en la cual se estudió el movimiento de un carrito sobre un plano inclinado, repitiéndose la medición del tiempo que demoraba el móvil en recorrer una misma distancia (también medida), para distintos ángulos (seis en total) que formaba el plano inclinado con un plano horizontal de referencia. En el material escrito que se le entregó a los alumnos y que sirvió como guía para la realización de la experiencia, se enfatizó el cálculo de la aceleración experimentada por el carrito en el plano inclinado, y el cálculo del valor de su incerteza asociada; se propuso un cuidadoso análisis de los errores involucrados en las mediciones, deduciendo errores asociados a mediciones indirectas mediante la teoría de propagación de las incertezas, y finalmente se alentó el tratamiento estadístico de los valores obtenidos.

Con los valores que se obtuvieron para la aceleración que experimentó el carrito para cada uno de los ángulos del plano inclinado, se propuso encontrar una relación (que debiera ser lineal) entre la aceleración y el seno del ángulo, y finalmente demostrar que la constante de proporcionalidad es la aceleración de la gravedad “g”.

En el caso de la *PEC (Práctica Experimental Crucial)*<sup>3</sup>, se estudió el movimiento de cuerpos esféricos sobre un plano inclinado despreciando todo tipo de rozamiento, y repitiéndose el experimento para distintos ángulos del plano inclinado, distintos espacios recorridos sobre la pista y para distintas masas de los cuerpos en descenso. En una primera parte, se marcaron y midieron sobre la pista distintos

---

<sup>2</sup> Ver Anexo 3, Práctica Experimental Tradicional.

<sup>3</sup> Ver Anexo 3, Práctica Experimental Tradicional.

espacios, que luego fueron recorridos por los cuerpos, siempre partiendo desde el reposo. A los fines de demostrar que los cuerpos se mueven en el plano inclinado según un MRUV y que el tiempo de recorrido es independiente de la masa, se fijó un ángulo y para cada una de los cuerpos (esféricos, pero de distintas masas) se registraron los tiempos en recorrer cada una de las distancias marcadas en la pista. Cabe aclarar que para cada espacio recorrido por los cuerpos en el plano inclinado, se repitió varias veces la caída y se midieron los tiempos respectivos empleados, que luego fueron *promediados*. Se trabajó con la teoría de errores, pero esta ocupó un papel secundario entre los objetivos planteados para la experiencia. En una segunda parte, se eligió una masa para trabajar, se marcaron y midieron distintos espacios sobre la pista y se registraron los tiempos demorados por el cuerpo en recorrerlos. Esto se repitió para distintos ángulos del plano inclinado. Aquí también se repitió varias veces la caída del cuerpo para una misma distancia, se midieron los respectivos tiempos y se trabajó con el promedio obtenido de los mismos. Seguidamente, se eligió una escala de dibujo adecuada, y se representaron gráficamente en un sistema de ejes ( $\bar{t}$ , x) los pares obtenidos para cada uno de los ángulos. Por último, se dibujaron las “curvas” que mejor se ajustaban al conjunto de puntos representados gráficamente, para cada una de los ángulos trabajados.

En el material escrito que se le entregó a los alumnos y que orientó la ejecución de la experiencia, se llevó a cabo un profundo análisis de las variables (tiempo de caída, ángulo del plano inclinado y masa del cuerpo), con comentarios acerca del pensamiento Aristotélico sobre el movimiento y la caída de los cuerpos, y de los trabajos de Galileo. Sobre la base del planteo de hipótesis, se diseñaron experiencias en las cuales se tomó una de las variables como independiente, otra como dependiente, manteniendo constante las restantes. Finalmente, se reflexionó sobre el resultado de la experiencia y sobre las relaciones funcionales obtenidas entre las variables (tiempo, masa, ángulo), y se contrastó el resultado con el pensamiento Aristotélico y Galileano.

Para el diseño y ejecución de la PEC fue necesario repensar las prácticas de laboratorio tradicionales y sus respectivas guías, de tal manera que ésta fuese promotora de conocimiento y no solamente retroalimentadora de un aprendizaje

mecánico, como es el caso de la educación tradicional, hablando en términos generales. La PEC perseguía generar un “conflicto cognitivo” para que el alumno se diera cuenta *de lo que sabe, de lo que no sabe y de lo que debería saber*.

### 3.9 Sobre el Software empleado

Los datos del proyecto fueron procesados y analizados con el programa Infostat/E acoplado a R, que es un software para análisis estadístico de aplicación general, desarrollado bajo la plataforma Windows. Se trata de un software “libre” elaborado por un equipo conformado por profesionales de la Estadística con sede en la Universidad Nacional de Córdoba, y más concretamente en la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

En lo que respecta a consideraciones generales del procesamiento de datos, se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) para lo cual, lo primero que se corroboró fue el cumplimiento de los supuestos de homogeneidad de varianza y distribución normal. En los casos en que hubo heterogeneidad de varianza se la incorporó al modelo mediante la plataforma R. En los casos en que se encontraron diferencias estadísticamente significativas (*p menor a 0,05*) se realizó una comparación de medias mediante el test de Tuckey.

### 3.10 Sobre la Probabilidad “P” utilizada

En este trabajo se investigó sobre la posibilidad, que una práctica experimental especialmente diseñada, pudiera generar un conflicto cognitivo en los alumnos, y propiciar de este modo un enriquecimiento o evolución conceptual en temas referidos a cuerpos en movimiento sobre un plano inclinado y fuerzas intervinientes. La herramienta utilizada para medir el probable enriquecimiento conceptual, fue un cuestionario que se aplicó en dos momentos: el pretest y el postest. Comparando y analizando las respuestas que dieron los alumnos al cuestionario en sus dos instancias, se pudieron obtener conclusiones acerca del

efecto alcanzado por las respectivas prácticas experimentales, en cada uno de los grupos.

Desde el punto de vista estadístico, un resultado o efecto es estadísticamente significativo cuando es improbable que haya ocurrido debido al azar. Una "diferencia estadísticamente significativa" solamente indica la presencia de evidencias estadísticas de que hay una *diferencia*, lo que no significa que la diferencia sea grande, importante o radicalmente distinta.

El nivel de significación de una prueba estadística es un concepto estadístico asociado a la verificación de una hipótesis, y se lo define como la probabilidad de tomar la decisión de rechazar la hipótesis nula cuando ésta es verdadera (decisión conocida como error de tipo I, o "falso positivo"). La decisión se toma a menudo utilizando el *valor p* (o *p-valor*): si el valor *p* es inferior al nivel de significación, entonces la hipótesis nula es rechazada. Cuanto menor sea el valor *p*, más significativo será el resultado.

La inmensa mayoría de los investigadores usan este número llamado *valor p* como cálculo de la significación estadística. Este número *p* es una probabilidad, por lo que puede tomar valores entre 0 y 1, siendo 0 *probabilidad nula* y 1 *absoluta certeza*.

En este trabajo, se plantea como hipótesis que la práctica experimental crucial (PEC) genera conflicto cognitivo, propiciando el enriquecimiento o evolución conceptual, a diferencia de la que ocurre con la PET. La hipótesis nula sería que tanto alumnos que realizan la PEC como aquellos que ejecutan la PET, podrían experimentar conflicto cognitivo de manera indistinta o no. Si las mediciones indican un valor alto de "*p*" (por ejemplo  $p > 0,05$ ), el mismo está señalando que el comportamiento de las variables es compatible con la hipótesis nula. Un valor igual a 1, indica con absoluta certeza la presencia de la hipótesis nula y la ausencia de la hipótesis experimental: en este caso el uso de la PEC y la PET, no provoca diferencias en las respuestas de los GE y GC, cuando se aplica el posttest.

Valores bajos de "*p*" (por ejemplo  $p \leq 0,05$ ), estarían indicando que no está presente la hipótesis nula, y que los resultados obtenidos muestran que los efectos

logrados por la PEC son diferentes a los alcanzados por la PET, en la variable dependiente “conflicto cognitivo” o “evolución de las ideas previas”. También puede interpretarse como que el ruido provocado por el azar en la constitución de los grupos, no enmascara la correlación entre las variables. Cuanto menor es el valor de “p”, mayor significatividad tiene la correlación experimental que se intenta demostrar.

Este *valor p* se supone que le da al investigador una idea de si sus esfuerzos han dado resultado positivo. Por convención está establecido que un valor de  $p$  menor o igual a 0,05 ( $p \leq de 0,05$ ), es decir que la probabilidad de que se obtengan esos resultados y la hipótesis nula sea cierta es inferior al 5%, es lo suficientemente significativo estadísticamente hablando, como para afirmar que existe una correlación con la hipótesis objeto de experimentación, en otras palabras, y para este caso, que los efectos logrados por la PEC son diferentes a los alcanzados por la PET, y no están influenciados por el azar.

## Capítulo 4: Contexto Institucional de la Investigación

El trabajo de investigación se desarrolló con la totalidad de alumnos (185) que cursaron la asignatura Física I, en las carreras de Ciencias Biológicas, Profesorado en Ciencias Biológicas y Geología, que se dictan en el Departamento de Física de la FCEyN de la UNC. A continuación, y a los fines de contextualizar la investigación desarrollada, se describen sintéticamente la misión y composición de la UNC y de la FCEyN, la organización del Departamento de Física, y se ubica la asignatura Física I en los planes de estudio de la Facultad, en general, y de las respectivas carreras involucradas en el estudio.<sup>4</sup>

### 4.1 La Universidad Nacional de Córdoba

La Universidad Nacional de Córdoba (UNC) es la más antigua del país y una de las primeras del continente americano. Cuenta con una larga historia, rica en acontecimientos que la convirtieron en un importante foco de influencia, no sólo cultural y científico, sino también político y social.

La misión académica de la UNC es formar profesionales con pensamiento crítico, iniciativa y vocación científica; conscientes de su responsabilidad moral. Esto, en un marco que favorezca su participación activa y plena en el proceso educativo y garantice una enseñanza de calidad.

La gratuidad de la enseñanza está garantizada en el Estatuto, tanto para el ingreso, como para el posterior desarrollo de la actividad académica de grado. La defensa de la educación superior como un bien público es uno de los bastiones que la Casa de Trejo (UNC) ha defendido en el plano internacional, frente a los embates de las posturas que procuran transformarla en un servicio comercial con fines de lucro. En

---

<sup>4</sup> Toda la información aquí mencionada sobre la UNC y la FCEyN, es de carácter público y se extrajo de las respectivas páginas de internet que estas instituciones ofrecen a la comunidad en general: (<https://www.unc.edu.ar/>) y (<http://www.portal.efn.uncor.edu/>).

este sentido, esta universidad fue una de las impulsoras de la posición iberoamericana en la Conferencia Mundial de Educación de 1998 (París), en la que se definió al conocimiento como un bien social.

Actualmente, tiene una población estudiantil de unos 120 mil estudiantes aproximadamente, y físicamente, ocupa una superficie de 11,5 millones de metros cuadrados, de los cuales 1,25 millones se encuentran edificados. Del resto, casi un 52% corresponde a espacios verdes, y un 48 % a superficie productiva.

Distribuidos entre Ciudad Universitaria y el casco histórico de Córdoba, la UNC cuenta con quince facultades; dos colegios secundarios; más de cien centros e institutos de investigación; veinticinco bibliotecas; diecisiete museos; un laboratorio de hemoderivados; dos hospitales; un banco de sangre; dos observatorios astronómicos; una reserva natural, y un multimedio de comunicación compuesto por dos canales de televisión, dos radios (AM y FM) y un portal de noticias. Cuenta además con un predio de doce hectáreas para la práctica de veinticinco disciplinas deportivas, que están destinadas a estudiantes, docentes, no docentes universitarios y público en general.

A continuación, se cuantifican las dependencias académicas y la oferta de carreras:

<b>Dependencias Académicas</b>	<b>Cantidad</b>
<i>Facultades</i>	15
<i>Colegios secundarios</i>	2
<i>Centros e Institutos de Investigación</i>	137
<i>Bibliotecas</i>	22
<i>Museos</i>	17

**Tabla 4.1.** Dependencias Académicas (Cantidad)

<b>Oferta de Carreras</b>	<b>Cantidad</b>
Pregrado	19
Grado	87
Posgrado	212
<i>Especializaciones</i>	119
<i>Maestrías</i>	57
<i>Doctorados</i>	36

**Tabla 4.2.** Oferta de carreras (cantidad)

En la actualidad consta de 15(quince) unidades académicas y 2(dos) colegios universitarios de enseñanza media (Tabla 4.1.), que ofrecen sus servicios educativos de manera gratuita a la comunidad:

A) Facultades de la UNC:

1. *Facultad de Artes*
2. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*
3. *Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño*
4. *Facultad de Derecho*
5. *Facultad de Ciencias de la Comunicación*
6. *Facultad de Ciencias Sociales*
7. *Facultad de Ciencias Económicas*
8. *Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*
9. *Facultad de Filosofía y Humanidades*
10. *Facultad de Lenguas*
11. *Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación*
12. *Facultad de Ciencias Médicas*
13. *Facultad de Odontología*
14. *Facultad de Psicología*
15. *Facultad de Ciencias Químicas*

B) Colegios de la U.N.C.:

1. *Escuela Superior de Comercio "Manuel Belgrano"*
2. *Colegio Nacional de Monserrat*

#### 4.2 La Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNC

En este contexto, la FCEfYN de la UNC, fue creada el 14 de octubre de 1876, y comenzó sus actividades con solo tres escuelas y cinco profesores. Actualmente, y luego de una vastísima trayectoria, cuenta con 11 Escuelas, 24 Departamentos, 9

Centros, 5 Institutos, 21 Laboratorios y el Reactor Nuclear RA-0. A su vez, cuenta con 5 museos.

De acuerdo con los Estatutos de la UNC, concibe a la educación superior universitaria como el ámbito donde se desarrolla la producción del conocimiento en un marco democrático de libertad ideológica, política y religiosa, ámbito de preparación para el ejercicio de la profesión independiente, la docencia, la investigación científica y la extensión, sosteniendo la política de educación superior pública y gratuita de la Universidad a la que pertenece.

Se trata de una institución que en la actualidad ofrece a la comunidad el dictado de las siguientes carreras de grado: Agrimensura, Ciencias Biológicas, Profesorado en Ciencias Biológicas, Ciencias Geológicas, Ingeniería Aeronáutica, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Biomédica, Ingeniería Civil, Ingeniería Electrónica, Ingeniería en Computación, Ingeniería Industrial, Ingeniería Mecánica, Ingeniería Mecánica Electricista, Ingeniería Química, Técnico Constructor y Técnico Mecánico Electricista.

También tiene una variada oferta académica en lo referido a posgrados, y en la actualidad la FCEFyN ofrece las siguientes carreras:

*A) Doctorados*

- i) Doctorado en Ciencias Biológicas
- ii) Doctorado en Ciencias Geológicas
- iii) Doctorado en Ciencias de la Ingeniería
- iv) Doctorado en Neurociencias

*B) Maestrías*

- i) Maestría en Ciencias de la Ingeniería – Mención Administración*
- ii) Maestría en Ciencias de la Ingeniería – Mención Aeroespacial*
- iii) Maestría en Ciencias de la Ingeniería – Mención Ambiente*

*iv) Maestría en Ciencias de la Ingeniería – Mención Estructuras y Geotecnia*

*v) Maestría en Ciencias de la Ingeniería – Mención Recursos Hídricos*

*vi) Maestría en Ciencias de la Ingeniería – Mención Telecomunicaciones*

*vii) Maestría en Ciencias de la Ingeniería – Mención Transporte*

*viii) Maestría en Análisis y Procesamiento de Imágenes*

*ix) Maestría de Ciencia y Tecnología de los Alimentos*

*x) Maestría en Educación en Ciencias Experimentales y Tecnología*

*xi) Maestría en Gestión Integrada de los Recursos Hídricos*

*xii) Maestría en Geotecnia*

*xiii) Maestría en Manejo de Vida Silvestre*

#### *C) Especializaciones*

*i) Especialización en Diseño Estructural de Obras de Arquitectura*

*ii) Especialización en la Enseñanza de las Ciencias Experimentales y la Tecnología*

*iii) Especialización en Gestión de las Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones*

*iv) Especialización en Hidráulica*

*v) Especialización en Productividad Organizacional*

*vi) Especialización en Telecomunicaciones Telefónicas*

#### *4.3 El Departamento de Física, en la FCEfyN de la UNC*

Por su parte, el Departamento de Física, asiste a las distintas carreras de grado de la Facultad, integrándose con 13 cátedras: Física I (Ingenierías); Física II (Ingenierías); Física III (Ingenierías); Física I (Biología); Física II (Biología); Física III (Biología); Física I (Geología); Física II (Geología); Termodinámica (Ingenierías); Termotecnia (Ingenierías); Mecánica Racional (Ingenierías); Biomecánica (Ingeniería Biomédica); Mecánica Analítica (Ingeniería Civil). Es órgano de consulta de las autoridades de la casa de estudios, y su gobierno se integra con un Director, un Subdirector y el Consejo Departamental, que a su vez está integrado por profesores titulares y representantes de cada una de las 13 cátedras mencionadas.

El Departamento de Física presenta una estructura y un reglamento que ordena su funcionamiento, conforme a lo establecido en el capítulo IV, del anexo I de la Ordenanza Nº 01-H.C.D.-1999 y su posterior texto ordenado.

En la actualidad, está integrado por aproximadamente 60 docentes, y el conjunto de actividades que se llevan a cabo en el Departamento de Física, se pueden localizar en las siguientes áreas, aunque no estén específicamente así definidas y reconocidas:

- a. Área Archivos Digitales, Biblioteca y Hemeroteca, encargada de mantener actualizado el reservorio de archivos digitales vinculados con la Física y su Enseñanza, y el funcionamiento activo (sistema de préstamos al día) a la Biblioteca-Hemeroteca del Departamento.
- b. Área de Computación, encargada de mantener en funcionamiento los equipos existentes y gestionar su actualización, además de prever la compra de insumos informáticos.
- c. Área de LEF (Laboratorio de Enseñanza de la Física), encargada de propiciar el mejoramiento en la Enseñanza Experimental de la Física, a través del desarrollo de nuevos equipos y gestión de subsidios.
- d. Área de Laboratorio de Bajas Temperaturas y Energía Solar, encargada de mantener en funcionamiento a la máquina que produce aire líquido y al electroimán, encarar investigaciones en el área de las bajas temperaturas y en el de la magnetización de distintos materiales, profundizar en la construcción de

- colectores solares, y divulgar a través de cursos y talleres, los logros que se vayan alcanzando.
- e. Área de Formación Docente y Acreditación, encargada de coordinar el conjunto de actividades relacionadas con la Formación Docente (Cursos de Formación Continua y de Extensión), y de mantener al Departamento al día en los distintos procesos de Acreditación que se desarrollan.
  - f. Área Económica, encargada del manejo y administración de los recursos del Departamento.
  - g. Área de Investigación, Desarrollo y Postgrado, encargada de coordinar el conjunto de actividades relacionadas con el Programa de Incentivos, mantener contacto con las entidades que proporcionan subsidios de participación a Congresos y Encuentros que se lleven a cabo en el país y en el extranjero, actualizar las distintas posibilidades de postgrado que se presenten en el seno de la UNC y en otras Universidades, etc.
  - h. Cátedras, que están vinculadas directamente con el Director y Subdirector del Departamento, a través de sus Profesores Titulares o Encargados, quienes son los responsables, tanto en lo Académico como en lo Administrativo, por el funcionamiento de las mismas.

#### 4.4 La Física en los planes de estudio de la FCFyN

La Física, una de las disciplinas que integran el área Ciencias Naturales, ha realizado importantes aportes al desarrollo y bienestar del hombre, porque gracias a sus investigaciones ha sido posible encontrar en muchos casos, una explicación clara y provechosa a los fenómenos que se presentan en nuestra vida cotidiana.

Los principios y leyes de la Física, por ser básicos, nos dan la explicación más elemental posible de todo lo que acontece, ya sea que ocurran de manera espontánea o que sean producto de las actividades del hombre, lo que incluye por supuesto todos los desarrollos tecnológicos y científicos.

Además, estas leyes y principios de la Física al ser universales se aplican en todo el universo, es decir en todo lugar, lo que unido a que son las leyes más básicas, hacen que la Física proporcione las llaves intelectuales que permiten entender todos los fenómenos naturales en base a un reducido número de principios o leyes.

Cualquier rama de la ingeniería está gobernada por leyes de la Física, o en otros términos la Física en ingeniería es su principal aliada. La Física, junto a la ingeniería, está presente en todas las grandes obras de la humanidad, desde construcciones civiles, hasta los más variados dispositivos electrónicos.

La mayoría de los procesos y estructuras biológicas, pueden explicarse utilizando las leyes de la Física, y pueden simularse con modelos que llevados al laboratorio, los comprueban. Por otro lado, la práctica experimental involucra un modo de trabajo y el uso de instrumental y equipos que funcionan sobre la base de principios Físicos. Estas consideraciones fundamentan la significación especial que tiene la Física en las carreras de Biología.

Por su parte, la Geología aplica leyes físicas para comprender la forma interior del globo terrestre, la materia que la compone, su mecanismo de formación, los cambios o alteraciones que ésta ha experimentado desde su origen, y la textura y estructura que tiene en el actual estado. En síntesis, la Física colabora con sus leyes y métodos de trabajo para conocer cada día un poco más acerca de la estructura, evolución y transformación de la Tierra y sus alrededores inmediatos.

En lo que respecta a la presencia de la Física en las carreras que ofrece la FCEfYN, se trata de una disciplina que, en su faceta más general, se presenta como una materia troncal en las carreras de Ingeniería, y de alcance formativo y complementario en las de Biología y Geología.

En términos generales, y reconociendo que se ofrecen algunas variantes según se trate de carreras de Ingeniería, Biología o Geología, en *Física I* se intenta incentivar el análisis de los fenómenos físicos, principalmente de aquellos que están relacionados con la mecánica, propiedades físicas de los materiales, hidrostática, hidrodinámica, los fenómenos térmicos y la óptica geométrica. En *Física II*, se

pretende dar basamentos de electrostática, electrodinámica y magnetismo, para llegar luego al estudio del campo electromagnético y ecuaciones de Maxwell, con algunas aplicaciones elementales; y se completa el plan con los fundamentos de física ondulatoria aplicada a óptica física y acústica. Por su parte, en *Física III* se abordan contenidos asociados a los principios de la termodinámica y la entropía, conceptos de las ecuaciones del movimiento ondulatorio, el espectro electromagnético, la radiación térmica, los principios del láser y de las radiaciones asociadas con los fenómenos nucleares.

El primer encuentro “académico” de la mayoría de los ingresantes de la FCEFyN es con el CINEU (Ciclo de Introducción a los Estudios Universitarios), que es un ciclo inicial que consta de cinco asignaturas (Ambientación Universitaria, Matemática, Física, Química y Biología) que resultan correlativas de las materias del primer año de cursado.

La asignatura *Física* (del CINEU) es parte de los planes de estudio de las carreras de Ingeniería, salvo Ingeniería Química e Ingeniería Ambiental. En Geología, Ciencias Biológicas y Profesorado de Ciencias Biológicas no se dicta la materia *Física* en el CINEU y los alumnos de estas últimas carreras mencionadas tienen su primer contacto con la Física a nivel universitario, cuando cursan “*Física I*”, que es una asignatura del 2do Cuatrimestre, del primer año de las respectivas carreras.

A continuación, se muestra la Tabla 4.1. a los fines de mostrar cómo se hace presente y distribuye la “Física” en los Planes de Estudio, según la carrera:

CARRERA	La Física en los Planes de Estudio				
	Física (Nivelación)	Física I	Física II	Física III	Otra...
Ciencias Biológicas (2015)	No	Si – 2º semestre	Si – 3º Semestre	Si - Optativa	No
Ciencias Biológicas (CB90)	No	Si – 2º semestre Si – 2º	Si – 3º Semestre	Si - Optativa	No

		semestre			
Profesorado en Ciencias Biológicas (1990)	No	Si – 2º semestre	Si – 3 <sup>er</sup> Semestre	Si - Optativa	No
Geología (2012)	No	Si – 2º semestre	Si – 3 <sup>er</sup> Semestre	No	No
Ingeniería en Agrimensura	Si - CINEU	Si – 2º semestre	Si – 3 <sup>er</sup> Semestre	No	No
Constructor	Si - CINEU	Si – 2º semestre	Si – 3 <sup>er</sup> Semestre	No	No
Ingeniería Aeronáutica	Si – CINEU	Si – 2º semestre	Si – 3 <sup>er</sup> Semestre	No	No
Ingeniería Ambiental	No	Si – 2º semestre	Si – 4 <sup>to</sup> Semestre	No	No
Ingeniería Civil	Si – CINEU	Si – 2º semestre	Si – 4 <sup>to</sup> Semestre	No	No
Ingeniería en Computación	Si – CINEU	Si – 2º semestre	Si – 3 <sup>er</sup> Semestre	Si – 4 <sup>to</sup> Semestre	No
Ingeniería Electrónica	Si – CINEU	Si – 2º semestre	Si – 3 <sup>er</sup> Semestre	No	No
Ingeniería Industrial	Si – CINEU	Si – 2º semestre	Si – 4 <sup>to</sup> Semestre	No	No
Ingeniería Mecánica	Si – CINEU	Si – 2º semestre	Si – 3 <sup>er</sup> Semestre	No	No
Ingeniería Mecánica Electricista	Si – CINEU	Si – 2º semestre	Si – 3 <sup>er</sup> Semestre	No	No
Ingeniería Química	No	Si – 2º semestre	Si – 3 <sup>er</sup> Semestre	No	No
Ingeniería Biomédica	Si - CINEU	Si – 2º semestre	Si – 3 <sup>er</sup> Semestre	No	Física Biomédica
Técnico Mecánico Electricista	Si - CINEU	No	No	No	No

**Tabla 4.1** La Física en los distintos Planes de Estudio

#### 4.5 La presencia de la Física en las carreras de Biología y Geología

En lo inherente a contenidos y organización de la Física, presente en el primer año de las carreras de Biología y Geología, podemos destacar de manera resumida lo siguiente:

A) *Física I (Biología)*<sup>5</sup>, se dicta en el segundo cuatrimestre del primer año de la carrera, luego del cursado de Matemática I (correlativa de Física I) y se encuentra dentro del conjunto de asignaturas del ciclo básico.

El desarrollo de la mecánica ocupa una buena parte de los primeros capítulos y luego se abordan, continuando con la visión mecanicista del mundo, las propiedades de la materia, hidrostática, tensión superficial, hidrodinámica, viscosidad y elasticidad. Finalmente, se abordan ideas básicas relacionadas con las ondas y el sonido.

Previo al desarrollo de la mecánica, en un primer capítulo del programa, se intenta reflexionar sobre cómo trabaja el hombre de ciencia y luego es abordada la problemática de las mediciones en el laboratorio, que incluye la teoría de propagación de las incertezas y el análisis estadístico de los resultados. Este modo de trabajar las mediciones en el laboratorio, es retomado en todas las unidades siguientes.

Desde lo conceptual se desarrolla una Física comparable con aquellas abordadas en el ciclo básico de las distintas carreras de ciencias y/o ingeniería, con una formalización matemática que opera con una manipulación sencilla del cálculo diferencial, en razón de la formación recibida en Matemática I y II, por los alumnos.

Desde el punto de vista metodológico, se intenta motivar a los alumnos desde las distintas acciones didácticas que se desarrollan (teoría, resolución de problemas y prácticas experimentales) con permanentes aplicaciones de la Física en la Biología y Ciencias del Ambiente. Por otro lado, se trabaja el perfil de la carrera (investigación en Biología y evaluación de situaciones ambientales) con el desarrollo de problemas abiertos, experimentaciones sobre temas problemas de la biología, evaluaciones a libro abierto sobre la base de resolución de problemas y elaboración de informes de las prácticas experimentales, con estructura semejante a la de una publicación científica.

---

<sup>5</sup> Ver Anexo 5, allí se muestra el Programa de la asignatura Física I Biología)

Se desarrollan dos clases “teóricas” semanales con una duración de una hora y media cada una. En estas clases se abordan todos los temas del programa, recurriendo a la exposición, diálogo y presentación de experimentos para favorecer la participación de los alumnos.

También se desarrollan clases “prácticas” (resolución de problemas y trabajos prácticos de laboratorio) en dos encuentros por semana de una hora y media de duración cada uno. Para esta actividad los alumnos trabajan en comisiones de no más de veinticinco alumnos.

En ellas se presentan y discuten temas complementarios a los abordados en clases teóricas y se resuelven problemas y ejercicios de aplicación. En lo que respecta a las prácticas experimentales, se desarrollan 6 (seis) en total, y las mismas están dirigidas a propiciar habilidades prácticas, aplicar teoría de errores, y aprender a presentar resultados científicos.

La cátedra también pone a disposición de los alumnos clases de consultas semanales, a cargo de todos los docentes. Los alumnos son evaluados a través de 3 (tres) exámenes parciales donde se plantean situaciones problemáticas sobre las que se hacen preguntas relacionadas con los enfoques que se presentan en clases teóricas, vinculadas con cálculos numéricos y aplicación de fórmulas, y relacionadas con las prácticas de laboratorio.

Los exámenes parciales, son del tipo "a libro abierto" y se permite el uso de cualquier tipo de material escrito.

*B) Física I (Geología)<sup>6</sup>*, por su parte, es una asignatura que se dicta en el segundo cuatrimestre de la carrera (primer año de cursado) e intenta proporcionarle a los alumnos, una formación conceptual y de aplicación básica, que les resulte de utilidad, para interpretar correctamente aquellos fenómenos físicos específicos de su especialidad, y relacionarla con el resto de las asignaturas.

---

<sup>6</sup> Ver Anexo 4, allí se muestra el Programa de la asignatura Física I (Geología)

Se presenta a la Física como una ciencia fundamental que permite comprender los fenómenos naturales que ocurren en nuestro universo, y esto se logra a través del desarrollo de teorías físicas basadas en leyes fundamentales, que permiten predecir los resultados de algunos experimentos. Los alumnos de la carrera de Geología estudian Física porque ésta es la ciencia que procura descubrir esas leyes que rigen el comportamiento del mundo natural, e interpretar sus manifestaciones, por lo tanto resulta importante para la comprensión de los fenómenos geológicos.

El dictado de la materia está organizado de la siguiente forma: se imparten semanalmente 2(dos) clases teórico-prácticas de cuatro horas de duración para cada encuentro, en donde se reparten por igual, en una primera mitad los desarrollos teóricos, y en la segunda parte el desarrollo de ejercicios y prácticas experimentales. Las actividades teóricas se realizan a través de exposiciones dialogadas del docente con los alumnos, explicando conceptualmente los principios y leyes que rigen los fenómenos físicos, desde un enfoque experimental y fundamentalmente aplicado. Las actividades prácticas consisten en la resolución de ejercicios y problemas, y el desarrollo de trabajos prácticos de laboratorio. Durante el dictado de la materia se desarrollan 12(doce) prácticas experimentales, de las cuales se solicitan informes a los alumnos, con el propósito de que se interioricen del modo que se comunican los resultados en el ámbito científico. También se dispone de clases de consulta, para evacuar dudas de los alumnos referidas tanto a contenidos “teóricos” como de carácter “práctico”.

Los alumnos son evaluados durante el cursado de la materia, a través de:

- a) Exámenes Parciales Prácticos: se toman 2 (dos) evaluaciones parciales obligatorias y 1(un) evaluación parcial de recuperación. En ellas el alumno tiene que resolver situaciones problemáticas de características similares a las trabajadas en clase, y también debe responder preguntas referidas a los trabajos prácticos de laboratorios desarrollados.
- b) Exámenes Parciales Teóricos (Coloquios): se toman 2 (dos) coloquios teóricos y 1(un) coloquio recuperador. Son instancias de evaluación “oral”, donde los alumnos deben exponer, desde un enfoque teórico con

su correspondiente aplicación práctica, tres temas propuestos por el docente, de manera similar a lo planteado y desarrollado en las correspondientes clases teóricas.

## Capítulo 5: Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados

Se inicia este Capítulo realizando una verificación estadística de equivalencia de Grupos. Luego se procedió al reconocimiento de las respuestas dadas por los alumnos de una las comisiones a todas las preguntas del cuestionario, a los fines de poder individualizarlas, analizarlas, categorizarlas y confeccionar la llamada “clave de corrección”. Se continua con un nuevo análisis de las respuestas dadas en todos los grupos, para detectar “ideas previas” presentes en los estudiantes, en relación al movimiento de cuerpos y fuerzas intervinientes, y relacionarlas con la clasificación planteada por Harris (2005). Finalmente se estudia el enriquecimiento conceptual alcanzado por los alumnos, desde dos enfoques: comparando los valores medios de la “diferencia” de puntaje total entre el postest y el pretest, entre GE y GC; y luego, viendo y comparando la diferencia en el puntaje obtenida en cada pregunta por cada alumno de cada comisión.

### 5.1 Verificación “Estadística” de Equivalencia de Grupos

Sin llegar a una verificación taxativa, la experiencia docente indicaba que, año tras año, no se observaban *diferencias significativas* en lo referido a conocimientos *previos* de los alumnos sobre temas específicamente físicos, lo que daba pie a presuponer que las comisiones, conformadas aleatoriamente según la elección horaria realizada por cada alumno, resultaban equivalentes entre sí. Por eso es que, al respetar dicha conformación de grupos, las comisiones de trabajo (seis en total) no se armaron de manera totalmente aleatoria como lo exige el enfoque metodológico cuantitativo con diseño experimental verdadero o real. La asignación al azar de sujetos, es una técnica de control que tiene como propósito dar al investigador la seguridad de que variables extrañas, conocidas o desconocidas, no afectarán sistemáticamente los resultados del estudio. Entonces, para salvar esta condición no controlada, se decidió estudiar la *equivalencia de grupos*, analizando estadísticamente las respuestas dadas por todos los alumnos de todas las comisiones a las preguntas del cuestionario en la etapa previa a la experiencia

(pretest), y de esta manera poder confirmar o no la equivalencia entre todos los grupos de trabajo.

Para ello, luego de analizar las respuestas dadas por todos los alumnos a las 14 preguntas del cuestionario, se decidió definir 5 (cinco) categorías, que fueron las siguientes: *no contesta*, *no comprende la consigna*, *responde mal*, *responde regular* y *responde bien*. Por su parte, a cada pregunta del pretest (y luego, a las del postest), se le asignó un valor numérico que iba desde 1 a 3, según como hubiera sido categorizada la respuesta, y esto se presenta en la Tabla 5.1:

CATEGORÍA	VALOR NUMÉRICO
<i>No contesta</i>	<b>1</b>
<i>No comprende la consigna</i>	<b>1</b>
<i>Contesta mal</i>	<b>1</b>
<i>Contesta regular</i>	<b>2</b>
<i>Contesta bien</i>	<b>3</b>

**Tabla 5.1** Categoría de respuestas

Esto permitió que cada alumno, luego de responder todas las preguntas del cuestionario pudiese obtener un puntaje total de sumar la calificación obtenida en cada pregunta, el cual podría variar entre un mínimo de 14 (catorce) hasta un máximo de 42 (cuarenta y dos).

En cada uno de los grupos, se obtuvo el puntaje obtenido por cada uno de los alumnos integrantes, lo que podríamos llamar su “**nota**”, y luego se calculó el puntaje *medio* y su *error asociado*, por cada comisión de alumnos.

Con el puntaje medio y su error asociado de cada grupo, al aplicar el ANOVA, el análisis estadístico dio un valor  $p = 0,0039$  (*probabilidad significativa*), es decir que no todos los grupos resultaban *equivalentes*, ya que las diferencias detectadas en la comparación no podían ser atribuidas a cuestiones netamente de azar. A continuación se muestra la salida del Infostat con los resultados del mencionado ANOVA y la comparación de medias.

**Especificación del modelo en R**

```
modelo.001_TOTAL.PRE_REML<-gls(TOTAL.PRE~1+Comision
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Columnal))
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.data01)
```

Se incluyó heterogeneidad de varianza en el modelo

**Resultados para el modelo: modelo.001\_TOTAL.PRE\_REML**

Variable dependiente: TOTAL.PRE

**Medidas de ajuste del modelo**

N	AIC	BIC	logLik	Sigma R2_0
150	751,32	775,08	-367,66	3,57 0,08

AIC y BIC menores implica mejor

**Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	8090,66	<0,0001
Comision	5	3,64	0,0039

**Pruebas de hipótesis secuenciales**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	10741,46	<0,0001
Comisión	5	3,64	0,0039

**Estructura de varianzas**

Modelo de varianzas: varIdent

Formula: ~ 1 | Columnal

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
2	1,00
1	0,50

**Medias ajustadas y errores estándares para Comisión**

DGC (Alfa=0.05)

Comisión	Medias	E.E.	
2	23,75	0,73	A
5	23,57	0,74	A
6	22,59	0,66	A
1	22,34	0,66	A
4	21,75	0,37	A
3	21,00	0,39	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

La siguiente Tabla 5.2, sintetiza los resultados obtenidos en lo que respecta a *puntaje medio ± error estándar asociado y el valor “p”*.

	<i>Com. 1</i>	<i>Com. 2</i>	<i>Com. 3</i>	<i>Com. 4</i>	<i>Com. 5</i>	<i>Com. 6</i>	<i>Valor p</i>
<b>Puntaje medio por comisión (pretest)</b>	<b>22,34±0,66</b> (A)	<b>23,75±0,73</b> (A)	<b>21,00±0,39</b> (B)	<b>21,75±0,37</b> (A)	<b>23,57±0,74</b> (A)	<b>22,59±0,60</b> (A)	<b>P = 0,0039</b> (s)

**Tabla 5.2** Puntaje medio ± error asociado y valor “p”.

En la Tabla 5.2 se puede apreciar también, que todas las comisiones (indicadas con la letra A) a excepción de la 3 (a la que se asocia la letra B), resultaban *equivalentes*, entonces se decide no trabajar con esta última comisión (la 3), o sea excluirla del trabajo, y realizar un nuevo análisis de varianza, considerando únicamente las otras comisiones restantes, cuyos resultados fueron los siguientes:

**Especificación del modelo en R**

```
modelo.003_TOTAL.PRE_REML<-gls(TOTAL.PRE~1 + Comisión
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Columna1))
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.data02)
```

**Resultados para el modelo: modelo.003\_TOTAL.PRE\_REML**

Variable dependiente: TOTAL.PRE

**Medidas de ajuste del modelo**

N	AIC	BIC	logLik	Sigma R2_0
93	480,34	497,68	-233,17	3,70 0,04

*AIC y BIC menores implica mejor*

**Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	4366,25	<0,0001
Comisión	4	1,17	<b>0,3295</b>

**Pruebas de hipótesis secuenciales**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	7174,32	<0,0001
Comisión	4	1,17	0,3295

**Estructura de varianzas**

Modelo de varianzas: varIdent

Formula: ~ 1 | Columnal

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
2	1,00
1	0,37

**Medias ajustadas y errores estándares para Comisión**

DGC (Alfa=0.05)

Comisión	Medias	E.E.
2	24,31	0,93
5	23,50	0,87
6	22,74	0,71
1	22,47	0,90
4	22,40	0,35

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

La Tabla 5.3, sintetiza los nuevos resultados obtenidos.

	Com. 1	Com. 2	Com. 4	Com. 5	Com. 6	Valor p
Puntaje medio por comisión (Pretest)	22,47±0,90	24,31±0,93	22,40±0,35	23,50±0,87	22,74±0,35	P = 0,3295 (ns)

**Tabla 5.3** Nuevo puntaje medio ± error asociado y valor “p”.

Se puede apreciar en la Tabla 5.3 que el análisis de varianza entre las Comisiones 1, 2, 4, 5 y 6 dio un  $p = 0,3229$  (ns), indicando una *probabilidad no significativa*, lo que permite interpretar que las diferencias observadas entre las respuestas de los estudiantes de las comisiones estudiadas pueden ser atribuidas a una cuestión *netamente aleatoria*.

También se decide realizar, de manera complementaria, un análisis de varianza en estas 5(cinco) comisiones, pero considerando únicamente las respuestas dadas por los estudiantes a aquellas preguntas del cuestionario directamente ligadas al *movimiento de cuerpos en el plano inclinado*, es decir considerar únicamente las preguntas 3, 6.I, 6.II, 6.III, 7.a, 7.b, 7.c, 8.a, 8.b, y 8.c. Este análisis arrojó los siguientes resultados:

**Modelos lineales generales y mixtos**

**Especificación del modelo en R**

```
modelo.002_PRE.PlIncl_REML<-gls(PRE.PlIncl~1+Comisión
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Columnal))
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.data02)
```

**Resultados para el modelo: modelo .002\_PRE.PlIncl\_REML**  
Variable dependiente: PRE.PlIncl

**Medidas de ajuste del modelo**

N	AIC	BIC	logLik	Sigma R2_0
93	436,52	453,86	-211,26	2,88 0,04

*AIC y BIC menores implica mejor*

**Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	3505,62	<0,0001
Comisión	4	1,37	0,2506

**Pruebas de hipótesis secuenciales**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	5692,00	<0,0001
Comisión	4	1,37	0,2506

**Estructura de varianzas**

Modelo de varianzas: varIdent  
Formula: ~ 1 | Columnal

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
2	1,00
1	0,37

**Medias ajustadas y errores estándares para Comisión**

DGC ( $\text{Alfa}=0.05$ )

Comisión	Medias	E.E.
2	17,19	0,72
5	16,17	0,68
6	16,15	0,55
4	15,53	0,27
1	15,53	0,70

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

La siguiente Tabla 5.4, resume los resultados logrados.

	<b>Com. 1</b>	<b>Com. 2</b>	<b>Com. 4</b>	<b>Com. 5</b>	<b>Com. 6</b>	<b>Valor p</b>
<b>Puntaje medio por comisión (Pretest)</b>	<b>15,53±0,70</b>	<b>17,19±0,72</b>	<b>15,53±0,27</b>	<b>16,17±0,68</b>	<b>16,15±0,55</b>	<b>P = 0,2506 (ns)</b>

**Tabla 5.4** Puntaje medio  $\pm$  error asociado y valor "p".

Este último análisis permitió confirmar, haciendo uso de la herramienta estadística, que las comisiones 1, 2, 4, 5 y 6, resultaron "equivalentes" también en lo que respecta a las ideas previas de los alumnos en referencia a *cuerpos en movimiento en un plano inclinado*.

A partir de este último análisis, y atendiendo a cuestiones de estricto índole práctico, se decide que las Comisiones 2, 4, 5 y 6, pasen a integrar el llamado *Grupo Control*, y la Comisión 1 el *Grupo Experimental*.

Dado que el número de muestras (alumnos encuestados) no fue el mismo en cada *tratamiento*, el ANOVA se interpretó como corresponde a un diseño desbalanceado, es decir a partir de la suma de cuadrados tipo I (pruebas secuenciales). En este caso, pese a tratarse de un diseño *desbalanceado* (no se tiene la misma cantidad de alumnos en el GE que en el GC) ambas pruebas (la suma de cuadrados tipo I y tipo III) arrojaron el mismo resultado mostrando que el desbalance entre los tratamientos no ha tenido influencia en el resultado encontrado.

## 5.2 ¿Cómo cuantificar el Enriquecimiento o Evolución Conceptual?

Se recuerda que, todos los alumnos respondieron un cuestionario de opciones múltiples sobre temas referidos a movimiento de cuerpos y fuerzas actuantes, bajo la técnica de pretest y postest, es decir, antes que el tema fuese desarrollado en las clases teóricas y prácticas (es decir antes de la instrucción impartida) y luego, después de haber recibido información teórica, haber resuelto ejercicios y fundamentalmente, haber realizado la correspondiente práctica de laboratorio. El *GE* (Grupo Experimental) desarrolló una *PEC* (Práctica Experimental Crucial) y el *GC* (Grupo Control) una *PET* (Práctica Experimental Tradicional o Habitual)

A los fines de medir el efecto del tratamiento, es decir valorar de qué forma la práctica experimental especialmente diseñada, generaba un conflicto cognitivo y, en consecuencia, operaba o no a favor de un enriquecimiento y evolución conceptual, se decidió encarar dos tipos de análisis.

En uno de ellos, se dispuso trabajar con los *puntos totales* obtenidos por los alumnos al responder todo el cuestionario. Dado que a cada respuesta de cada pregunta se le asignó un puntaje, sumando los puntos obtenidos en cada pregunta, cada alumno obtuvo un puntaje total, que fue considerado su *nota*.

Se decidió restarle al puntaje total obtenido por cada alumno en el postest, el puntaje total obtenido en el pretest, y de esta forma *trabajar y analizar las diferencias totales obtenidas*. Esa diferencia podía dar un resultado “positivo”, interpretándose como una mejora, un resultado negativo (indicando un empeoramiento) o un resultado nulo (sin cambios aparentes).

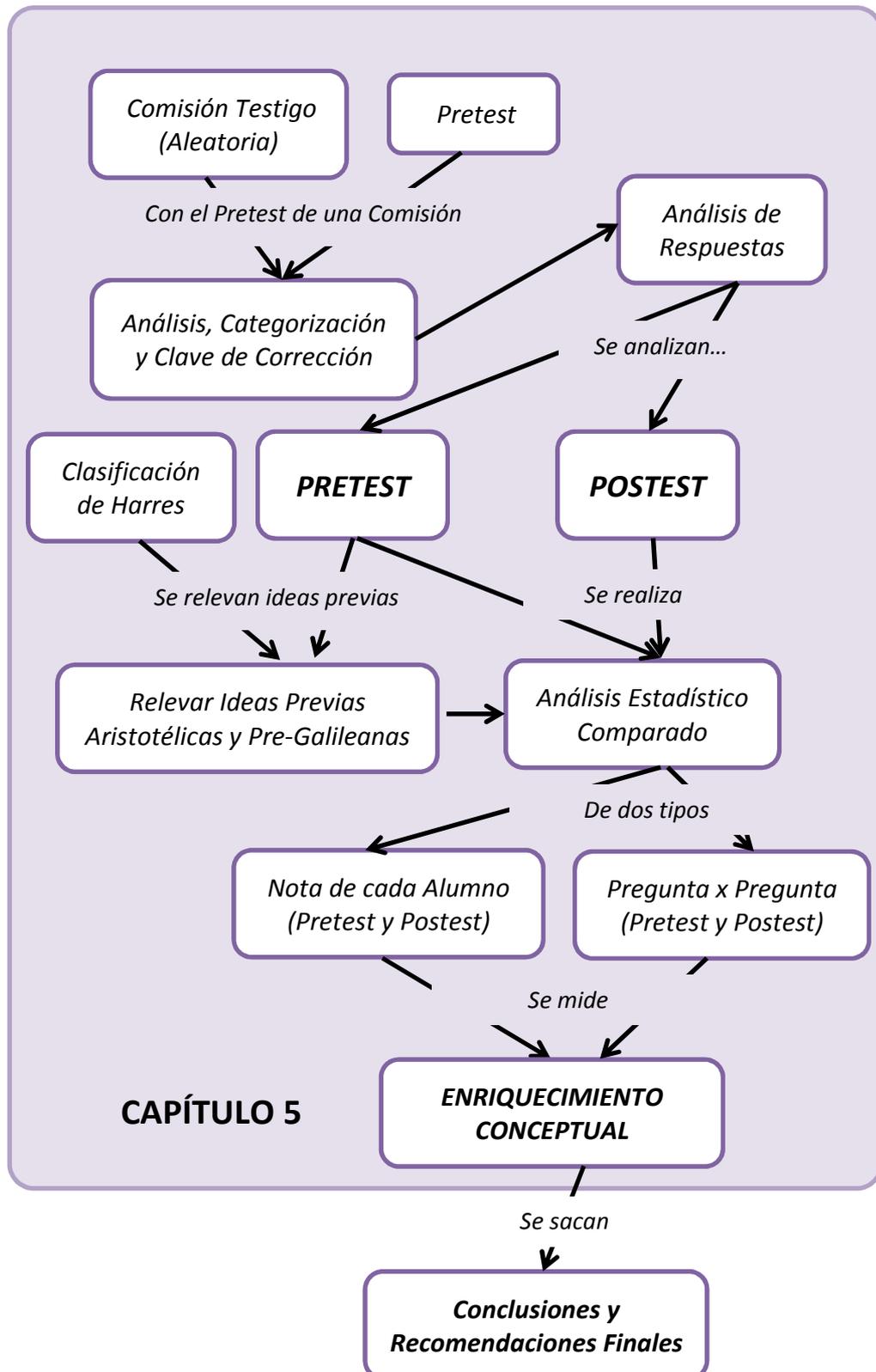
En el otro análisis, en lugar de trabajar con los puntos totales obtenidos al responder las 14 preguntas del cuestionario, se dispuso trabajar con los puntos obtenidos *en cada una de las preguntas*, restando del puntaje correspondiente a su respuesta en el postest, el puntaje correspondiente obtenido en el pretest. De acuerdo al puntaje asignado en cada respuesta, esa diferencia podía tomar valores *-2, -1, 0, 1 y 2*. Esto se llevó a cabo para cada una de las preguntas del cuestionario y en cada uno de los alumnos encuestados. Luego se determinaron los porcentajes de

ocurrencia de cada uno de los puntajes asignados a los cambios definidos en el GE y en el GC.

Por ejemplo, un cambio conceptual “+1” nos podría estar indicando que en el pretest la respuesta es *regular* (2) y en el postest *bien* (3), y un cambio conceptual negativo nos estaría indicando un empeoramiento de su respuesta. Por otro lado un cambio conceptual “0” estaría señalando que no se ha operado ningún cambio apreciable con la instrucción recibida. Sin embargo y dado que entendemos que el cero (0) puede resultar de hacer la diferencia entre un bien en el postest y bien en el pretest (3-3), regular en el postest y regular en el pretest (2-2), y mal en el postest y mal en el pretest (1-1), hemos diferenciado estas situaciones indicándolas como: 0(3), 0(2), y 0(1) respectivamente.

Como se puede apreciar, en el primero de los análisis se trabajó de manera integral con todas las preguntas, y en el otro se analizó y comparó pregunta por pregunta. En ambos casos, comparando y trabajando con las diferencias totales o de cada pregunta en los puntajes obtenidos en el postest y en el pretest. En concordancia con los tipos de análisis planteados y desarrollados, únicamente se pudo trabajar (para su análisis estadístico) con los cuestionarios de aquellos alumnos que estuvieron presentes y respondieron el pre y el postest, dejando de lado para su análisis los cuestionarios de aquellos alumnos que no respondieron alguno de los dos. Esto ocurrió, ya que hubo alumnos que no asistieron ya sea, a la clase en la cual se aplicó el pretest o a la clase en la que se trabajó el postest.

El siguiente esquema muestra la manera en que se procesó la información obtenida en las 5(cinco) comisiones de trabajo.



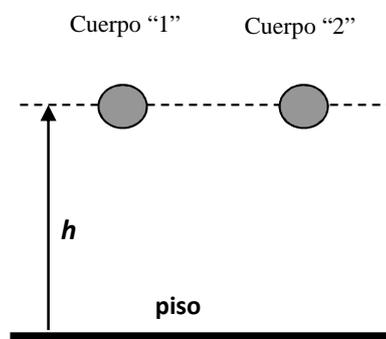
**Fig.5.1.** Diagrama de acciones para el tratamiento de los datos relevados y su análisis

### 5.3 Caracterización de las respuestas de los estudiantes a las preguntas

A los fines de poder conocer, analizar y categorizar las respuestas dadas por los alumnos a las preguntas del cuestionario en la instancia *pre*, se trabajó con las respuestas que dieron los estudiantes de la *comisión 1*, elegida al azar e integrada por 26 alumnos, que se denominó *comisión testigo*. A continuación, se recuerdan las preguntas, y seguidamente se describen las respuestas obtenidas.

#### **Pregunta Nº 1 (P1):**

*Se sueltan, simultáneamente y desde una misma altura “h”, dos objetos designados como cuerpo “1” y cuerpo “2” de pesos  $P_1$  y  $P_2$ , respectivamente. Suponiendo despreciable el rozamiento de los cuerpos con el aire, indique con una “X” la/s afirmación/es con las que está de acuerdo*



- (a) Los cuerpos 1 y 2 llegarán juntos al suelo, solamente si tienen el mismo tamaño y si  $P_1 = P_2$ .
- (b) Llegaría primero al suelo el cuerpo de menor tamaño, independientemente de sus pesos.
- (c) Llegaría primero al suelo el cuerpo de mayor peso, independientemente de sus tamaños.
- (d) Los cuerpos 1 y 2 llegarían simultáneamente al suelo, independientemente de sus pesos y sus tamaños.

#### Caracterización de respuestas a P1:

Aquí los alumnos podían elegir mas de una de las 4(cuatro) opciones propuestas, y las respuesta obtenidas fueron las siguientes:

Respuesta “a” (sola): 6

Respuesta “a” y “c”: 5

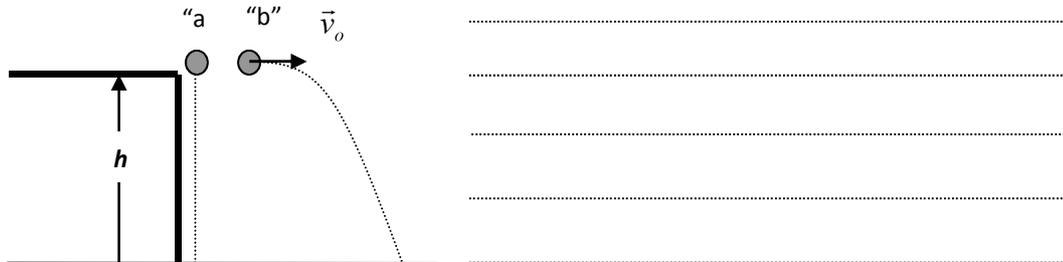
Respuesta “c” (sola): 5

Respuesta “b”(sola): 1

Respuesta “d” (sola): 9

**Pregunta Nº 2 (P2):**

Si se lanzan *simultáneamente* dos objetos, de *igual peso* y desde una *misma altura* “*h*”, de tal modo que el primero (cuerpo “*a*”) cae libremente en dirección vertical (partiendo desde el reposo), en tanto que el segundo (cuerpo “*b*”) tiene una velocidad inicial  $\vec{v}_0$  paralela al suelo horizontal ¿Cuál llegará antes al suelo? Explique.



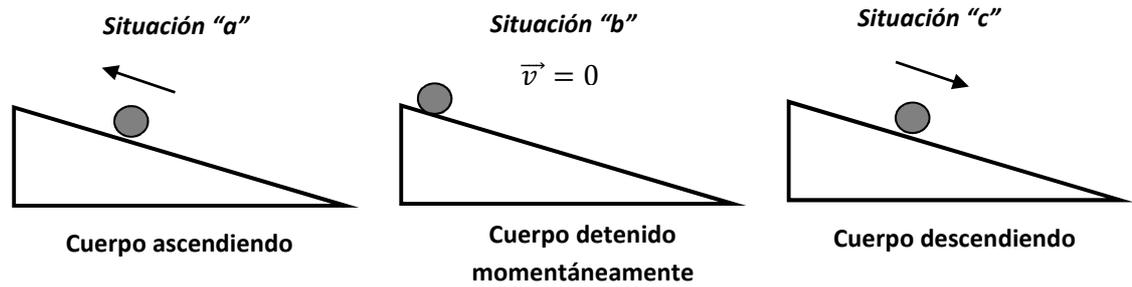
**Caracterización de respuestas a P2:**

Se trata de una pregunta “abierta”, donde el alumno tiene que elegir quien llega primero al suelo y explicar su elección. A continuación se resumen, agrupan y cuantifican (número entre paréntesis) las respuestas obtenidas:

- “Llegaría primero el cuerpo **a**, porque el cuerpo **b** tiene caída libre.” (2)
- “Llegaría primero el cuerpo **a**, ya que el cuerpo **b** tiene que desarrollar una mayor trayectoria/distancia”. (13)
- “Llegaría primero el cuerpo **a** porque cae en dirección vertical desde el reposo”. (1)
- “Llegan al mismo tiempo. El cuerpo **b** tiene caída libre y M.R.U.” (2)
- “Llegaría primero **a**, porque cae en dirección vertical partiendo desde el reposo”. (1)
- “Llegaría primero el cuerpo **a** porque tiene caída libre y **b** se desplaza también horizontalmente”. (3)
- “Llegaría primero **a**, ya que el cuerpo **b** al tener  $\vec{v}_0$  horizontal, se opone a caer verticalmente”. (3)
- No responde. (1)

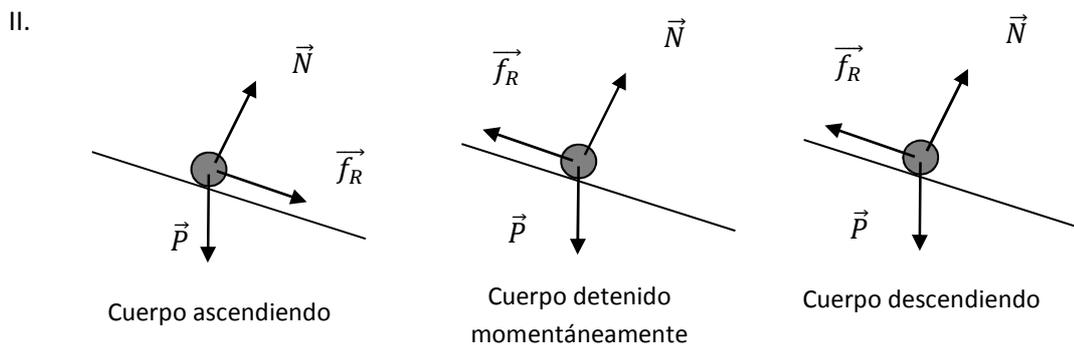
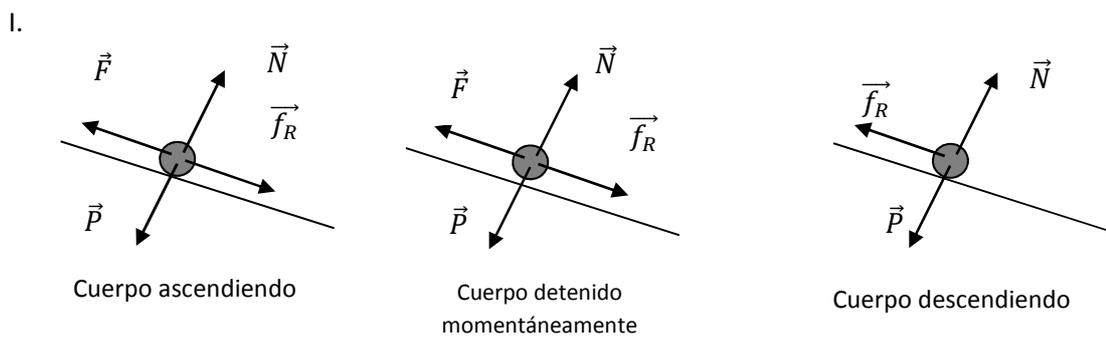
**Pregunta Nº 3 (P3):**

Dibujar en los siguientes esquemas, las fuerzas que actúan sobre un cuerpo de masa “*m*”, que se mueve sobre un plano inclinado. El cuerpo asciende en la situación “*a*”, llega a su posición de altura máxima en la situación “*b*” y está descendiendo en la situación “*C*”.

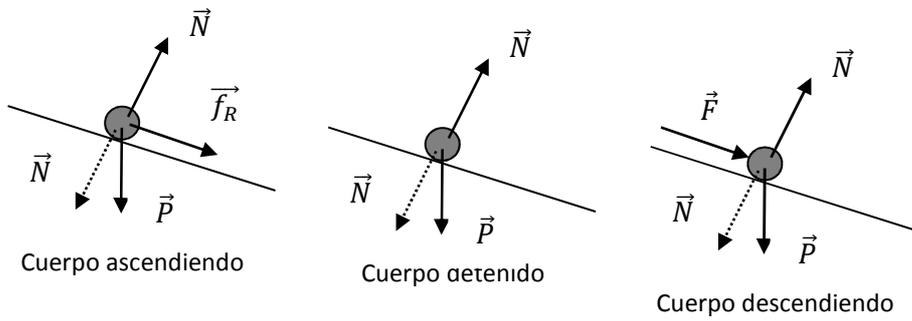


Caracterización de respuestas a P3:

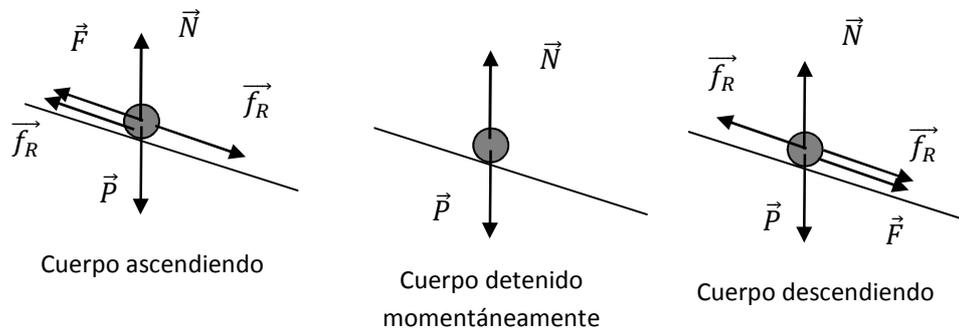
Por tratarse de una pregunta abierta, las respuestas obtenidas por parte de los alumnos fueron muy variadas, pero algunos de los esquemas de fuerzas que más se reiteraron se indican a continuación:



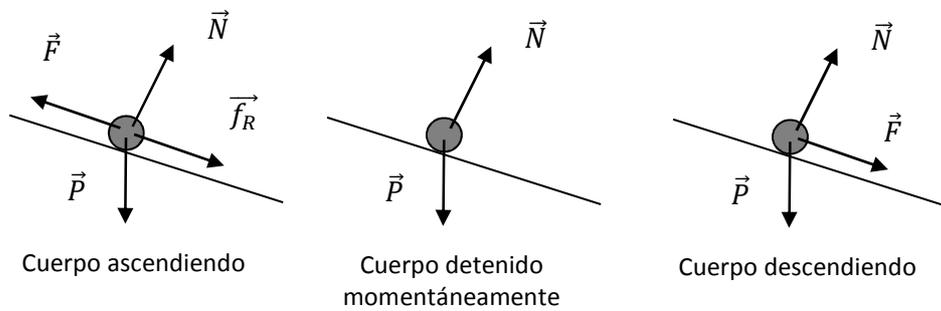
III.



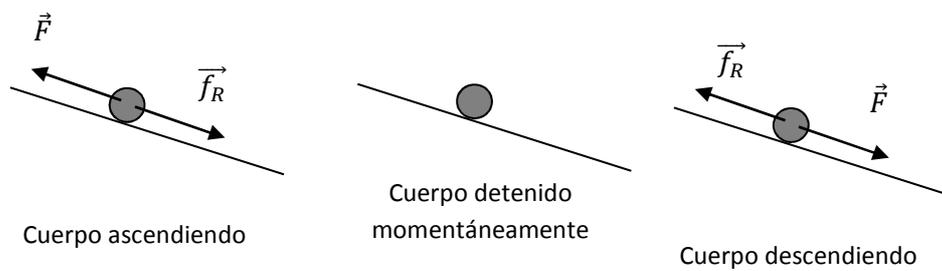
IV.



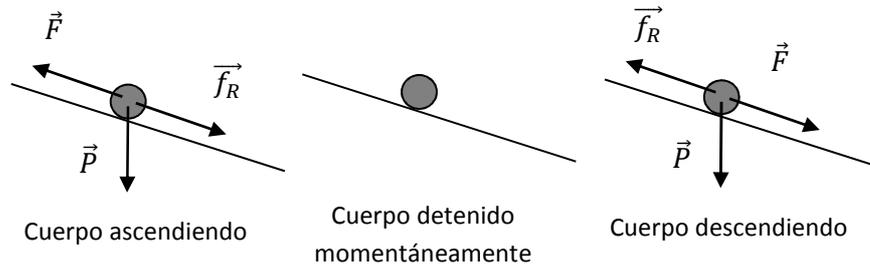
V.



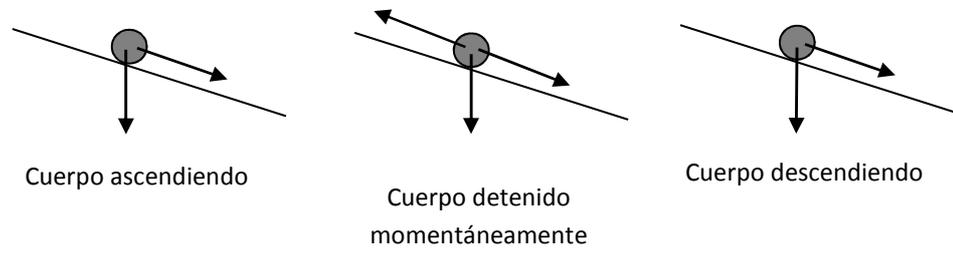
VI.



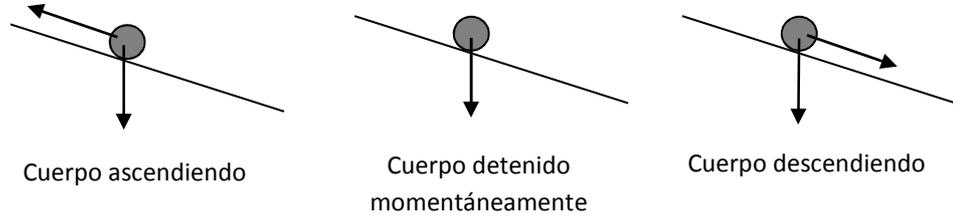
VII.



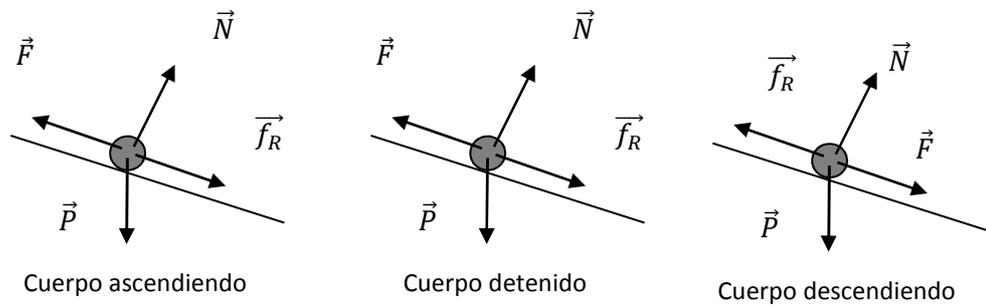
VIII.



IX.



X.



Para esta pregunta P3, también se pueden cuantificar y agrupar las respuestas dadas, de acuerdo a las fuerzas presentes en los esquemas, según se indica en la Tabla 5.5.

RESPUESTA	CUERPO ASCENDIENDO	CUERPO DETENIDO MOMENTÁNEAMENTE	CUERPO DESCENDIENDO
Dibujan $\vec{P}$ , correctamente	21	20	19
Dibujan $\vec{P}$ , de manera incorrecta	1	1	2
Dibujan $\vec{N}$ , correctamente	8	7	8
Dibujan $\vec{N}$ , de manera incorrecta.	6	5	4
No dibujan $\vec{N}$	11	13	12
No dibujan $\vec{P}$	4	4	5
Dibujan una fuerza $\vec{F}$ en dirección y sentido de $\vec{v}$	23	12	23
Dibujan $\vec{f}_R$	19	12	17

**Tabla 5.5** Fuerzas presentes en los esquemas

Para las fuerzas presentes en los esquemas que realizan los alumnos, en la situación particular del *cuerpo momentáneamente detenido* al alcanzar su posición de altura máxima, se puede resumir lo siguiente:

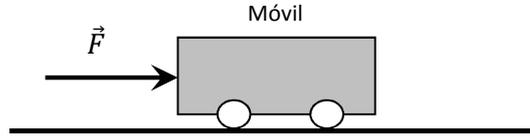
FUERZAS EN EL ESQUEMA....	NÚMERO DE ALUMNOS
No dibujan fuerzas	4
Dibujan Peso y Normal (bien)	8
No dibujan Peso, ni Normal	1
Peso, Normal y fuerza de roce (bien)	3
No dibujan la Normal, pero si el Peso.	3
Solo dibujan fuerza/s en la dirección del plano inclinado	2
Peso y agregan "otras" fuerza	5

**Tabla 5.6** Fuerzas con el *cuerpo momentáneamente detenido*

**Pregunta Nº 4 (P4):**

La siguiente figura muestra un móvil que se desplaza sobre una superficie horizontal y se supone despreciable todo tipo de rozamiento con el piso y con el aire. Si la fuerza  $\vec{F}$  que actúa sobre el cuerpo se anula súbitamente, entonces se cumple que: (marque con una "X" lo que crea que ocurre)

- (a) El móvil se detiene.
- (b) El móvil se detiene durante un corto intervalo de tiempo, y luego retoma el movimiento.
- (c) El móvil cambia la dirección del movimiento que traía.
- (d) El móvil continúa moviéndose a velocidad constante.
- (e) El móvil modifica su velocidad en una forma desconocida.



Caracterización de respuestas a P4:

Respuesta "a": 6

Respuesta "b": 1

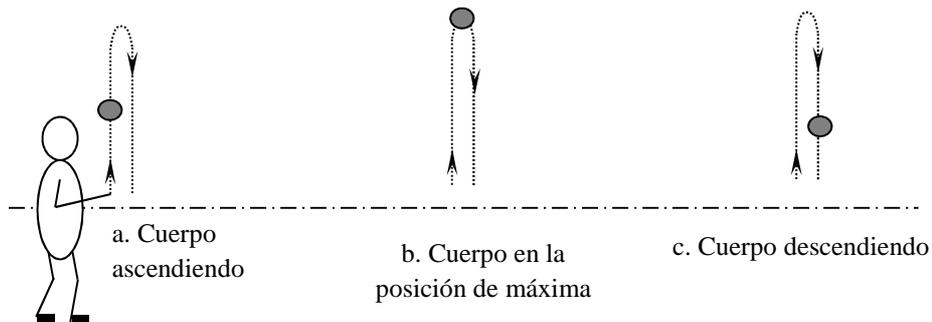
Respuesta "c": 1

Respuesta "d": 15

Respuesta "e": 3

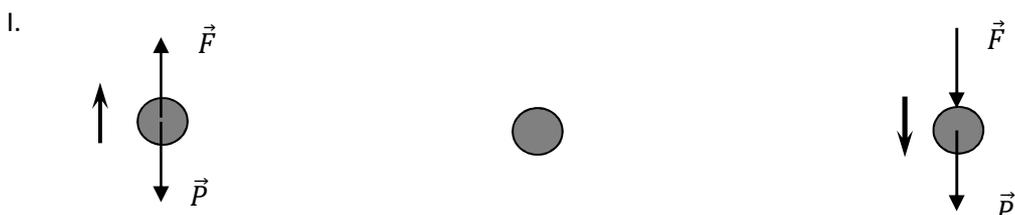
**Pregunta N° 5 (P5):**

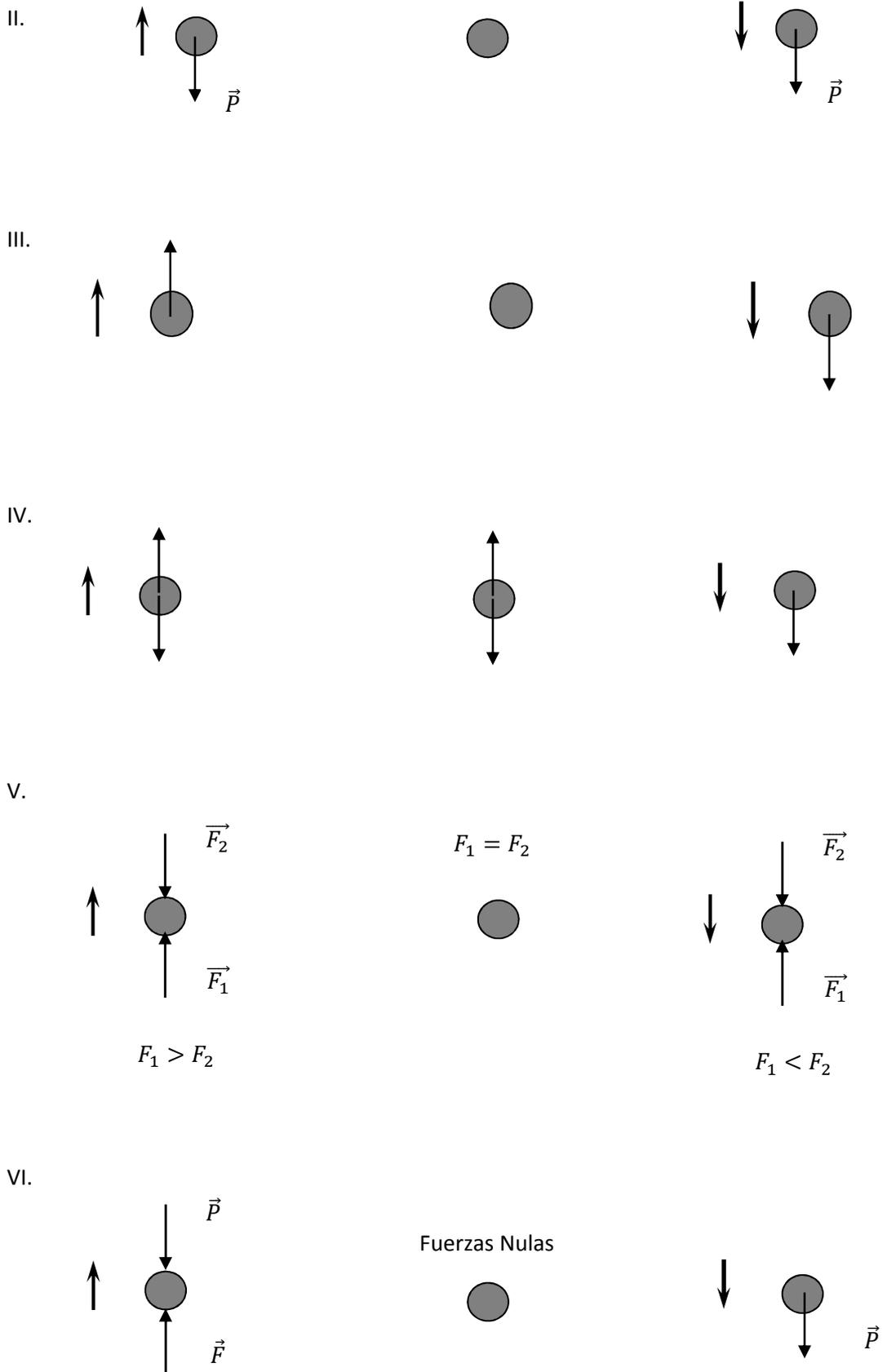
Dibujar, en los siguientes esquemas, las fuerzas que actúan sobre un cuerpo de masa "m", que se mueve en el vacío según una trayectoria vertical. El cuerpo asciende en la situación "a", alcanza su altura máxima en la situación "b" y está descendiendo en la situación "c".



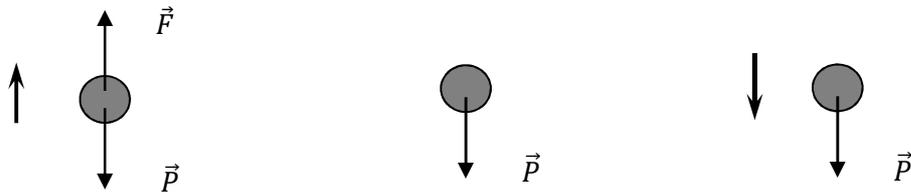
Caracterización de respuestas a P5:

Algunos de los esquemas de fuerzas presentes en las respuestas de los alumnos, fueron:

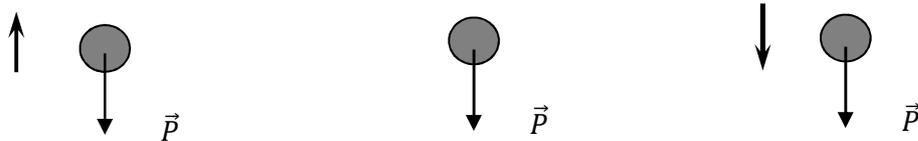




VII.



VIII.

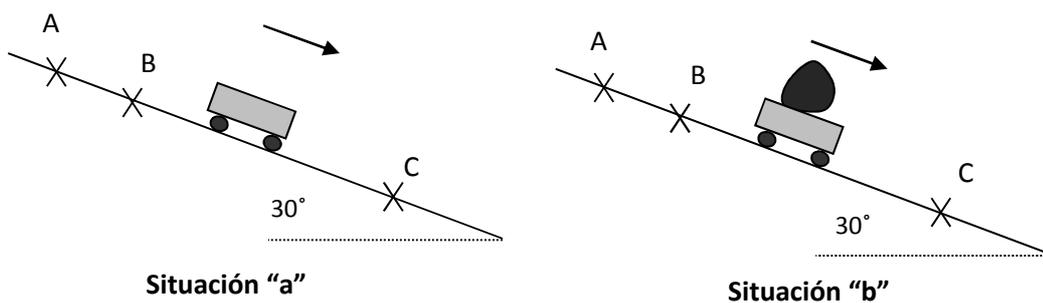


**Pregunta N° 6 (P6):**

Se tiene un plano inclinado (pista) que forma un ángulo de  $30^\circ$  con respecto a una dirección horizontal, y en él se ha determinado, a través de una medición, que la distancia entre “B” y “C” es de 2m. Se supone despreciable todo tipo de rozamiento entre el carrito y la pista, como así también con el aire. En estas condiciones vamos a plantear dos situaciones:

Situación “a”: un carrito de 300g de masa parte desde el reposo en la posición indicada A, y recorre toda la pista.

Situación “b”: al mismo carrito de 300g de masa se le agrega una carga adicional de 500g, y partiendo desde el reposo en la posición A, recorre toda la pista.



Responda las siguientes preguntas:

- I. ¿En cuál de las situaciones planteadas, el carrito demora más tiempo en recorrer el tramo BC? Justifique.
- II. ¿En cuál de las situaciones planteadas, el carrito adquiere mayor velocidad al pasar por la posición C? Justifique
- III. ¿Qué puede decir acerca de la aceleración que experimenta el carrito, en cada una de las situaciones? ¿Serán iguales? ¿Serán distintas? Explique

Caracterización de respuestas a P6:

**Pregunta 6-I:**

- Demoran lo mismo. (4)
- Demora más en la situación “b”, porque es mayor el peso. (9)
- Demora más en la situación “a”. (13)

**Pregunta 6-II:**

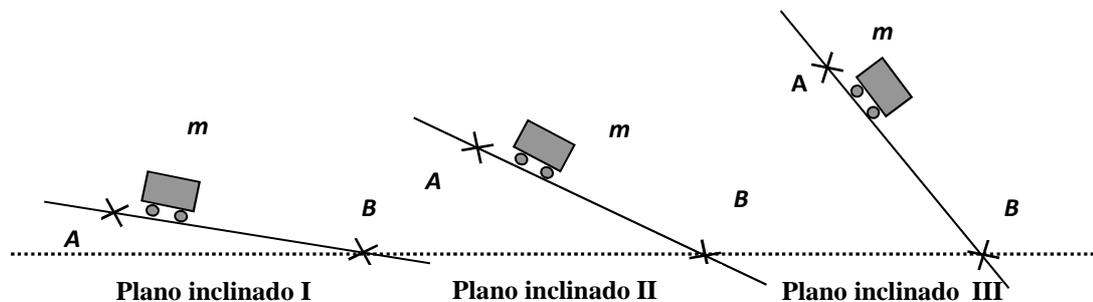
- Adquiere la misma velocidad en ambas situaciones (4)
- En la situación “a”, porque el peso es menor. (7)
- Adquiere mayor velocidad en la situación “b”. (14)
- No contesta. (1)

**Pregunta 6-III:**

- Tienen aceleraciones distintas. (17)
- No contesta (3)
- Tienen la misma aceleración. (5)
- No interpreta la pregunta (1)

**Pregunta Nº 7 (P7):**

La siguiente figura muestra tres planos inclinados, formando distintos ángulos con respecto a la dirección horizontal. En los tres casos la distancia entre las posiciones indicadas como “A” y “B” es la misma y, partiendo del reposo en la posición “A”, un carrito de masa “m” recorre la mencionada distancia AB. Vamos a suponer despreciable todo tipo de rozamiento del carrito, con el plano inclinado y con el aire.



Responda las siguientes preguntas:

- ¿En cuál de los casos, el carrito demora menor cantidad de tiempo en recorrer la distancia AB? Explique.
- ¿En cuál de los casos, el carrito alcanza la posición B con mayor velocidad? Explique.
- La aceleración del carrito, ¿es la misma en todos casos o distinta? Explique.

Caracterización de respuestas a P7:

**Pregunta 7-a:**

- En el Plano Inclinado III: “mayor inclinación implica mayor rapidez”. (18)
- No entiende la consigna (2)
- En el Plano Inclinado III: “la masa es la misma, pero hay “mayor  $\vec{F}$  y aumenta la  $\vec{a}$ ”. (2)
- En el Plano Inclinado III: “porque más se aproxima a una caída libre”. (2)
- En el Plano Inclinado I. No justifica. (2)

**Pregunta 7-b:**

- En el Plano Inclinado III: “mayor pendiente, mayor velocidad”. (9)
- No entiende la consigna (3)
- En el Plano Inclinado III, pero no justifica. (12)
- En el Plano Inclinado III: “hay mayor aceleración”. (2)

**Pregunta 7-c:**

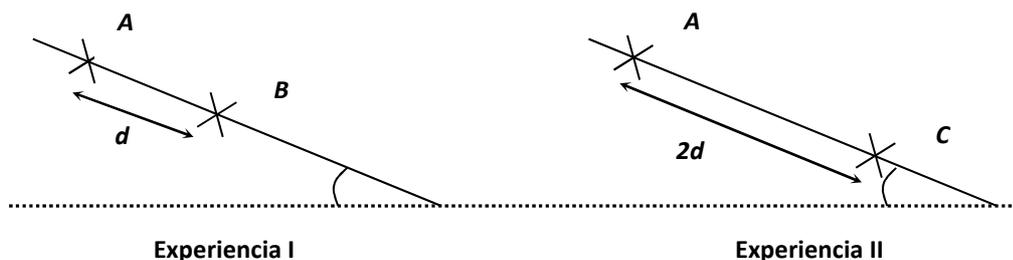
- Es distinta, “porque la pendiente es distinta” (4)
- Es distinta, pero no justifica (14)
- En el Plano Inclinado III: “el carrito recibe más directamente la gravedad”. (2)
- Es la misma (3)
- Es distinta: aumenta la aceleración, a media que el carrito desciende” (3)

**Pregunta Nº 8 (P8):**

Se dispone de un carrito de masa “ $m$ ” y una pista inclinada, que forma un ángulo  $\alpha$  con una dirección horizontal. En la pista se han realizado marcas designadas como A, B y C, de manera tal que entre A y B hay una distancia que llamamos “ $d$ ” y entre A y C, la distancia medida es “ $2d$ ”. Con este equipo, y suponiendo despreciable todo tipo de rozamiento del carrito con el aire y la pista, se realizan dos experiencias:

Experiencia I: desde la posición A, el carrito parte del reposo, recorre la distancia “ $d$ ” hasta alcanzar la posición B y demora un tiempo cronometrado que llamaremos  $t_{AB}$ .

Experiencia II: desde la posición A, el carrito parte del reposo, recorre la distancia “ $2d$ ” hasta alcanzar la posición C y demora un tiempo cronometrado que llamaremos  $t_{AC}$ .



Analizando las experiencias planteadas, responda las siguientes preguntas:

- Si se conoce que el carrito en la Experiencia I, al pasar por la posición B y después de haber recorrido una distancia "d", tiene una velocidad v; entonces en la Experiencia II al pasar por la posición C, y luego de haber recorrido una distancia "2d", su velocidad v' será:  $v' = 2v$  ;  $v' = \sqrt{2}v$  ;  $v' = 4v$  ; otra respuesta. Elija una opción y justifique esa elección.
- Si en la Experiencia I, el carrito recorre la distancia "d" y demora un tiempo  $t_{AB}$ , entonces en la Experiencia II, y luego de haber recorrido una distancia "2d", se puede afirmar que:  $t_{AC} = 2 t_{AB}$  ;  $t_{AC} = \sqrt{2} t_{AB}$  ;  $t_{AC} = 4 t_{AB}$  ; otra respuesta. Elija una opción justifique su elección.
- La aceleración del carrito, en ambas experiencias, ¿es la misma o distinta? Explique.

Caracterización de las respuestas a P8:

#### Pregunta 8.a:

- $v' = 2v$ ; porque  $\overline{AC} = 2 \overline{AB}$  (12)
- $v' = v$ ; "la velocidad no tiene necesariamente que cambiar" (4)
- $v' = 2v$  ; "porque la aceleración es constante" (2)
- $v' = \sqrt{2} \cdot v$  , mal justificada, no se entiende (1)
- "Si la v crece, el tiempo disminuye". (1)
- $v' > v$  y no justifica. (4)
- No contesta (1)
- $v' = v$  y no justifica (1)

#### Pregunta 8.b:

- $t_{AC} = 2 t_{AB}$ ; porque  $\overline{AC} = 2 \overline{AB}$  (9)
- $t_{AC} = 2 t_{AB}$  y no justifica (8)
- $t_{AC} = \sqrt{2} \cdot t_{AB}$  ; pero no justifica (3)
- $t_{AC} \neq t_{AB}$  ; "porque el carrito va acelerando". (1)
- $t_{AC} = 4 t_{AB}$  (3)
- No contesta. (2)

#### Pregunta 8.c:

- Es la misma, "porque la pendiente es la misma". (6)
- Es la misma, "porque la aceleración es constante". (4)
- Es la misma, pero no justifica. (8)
- Es distinta, "porque la velocidad cambia y  $\vec{a}$  depende de  $\Delta \vec{v}$ ". (3)
- Es la misma, pero mal justificado. (3)
- Es distinta, "porque las distancias recorridas son distintas". (1)
- Es la misma, "porque la masa es igual". (1)

#### 5.4 Clave de Corrección de preguntas del cuestionario y su puntuación

Luego de analizar las respuestas dadas por los alumnos de la “comisión testigo” a todas las preguntas del cuestionario, se decidió definir 5 (cinco) categorías que pasaron a constituir la llamada *clave de corrección*, y a su vez a cada categoría de respuesta definida, se le asignó un valor numérico: 1, 2 o 3. Esta información se resume y muestra en las Tablas 5.7 y 5.8

CATEGORÍA
<i>No comprende la consigna</i>
<i>No contesta</i>
<i>Contesta Mal</i>
<i>Contesta Regular</i>
<i>Contesta Bien</i>

**Tabla 5.7** Categorías de respuestas

CATEGORÍA	VALOR NUMÉRICO
<i>No comprende la consigna</i>	1
<i>No contesta</i>	1
<i>Contesta Mal</i>	1
<i>Contesta Regular</i>	2
<i>Contesta Bien</i>	3

**Tabla 5.8** Categorías y valores asignados

#### 5.5 ¿Qué respuesta es considerada bien, regular o mal?

A continuación se indica para cada pregunta, qué respuesta elegida o dada, se consideró *bien*, *regular* o *mal*.

##### **Pregunta Nº 1:**

Bien: aquellos casos en que se eligió la respuesta “d”

Regular: aquellos casos en que se eligió la respuesta “a”

Mal: aquellos casos en que se eligió la respuesta “b”, la respuesta “c”, o marcan “a” combinada con “b” y/o “c”.

**Pregunta Nº 2:**

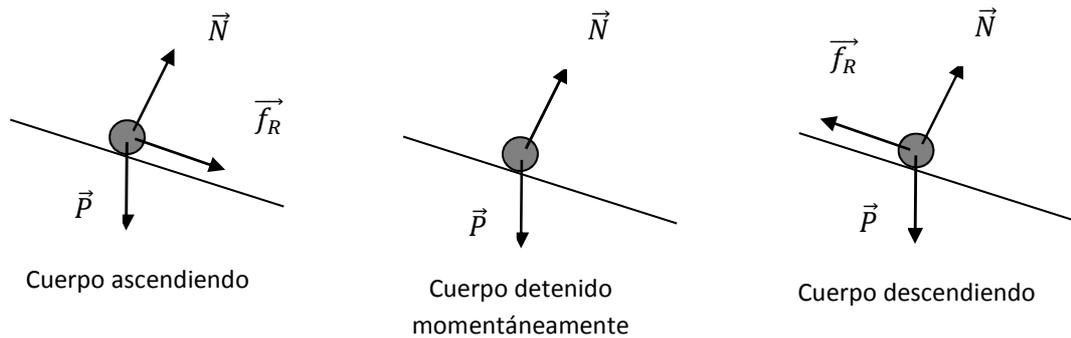
Bien: aquellos casos en que se respondió que los dos cuerpos llegarían al suelo simultáneamente.

Regular: aquella respuesta donde al menos los alumnos pusieron en evidencia de manera correcta, el tipo de movimiento que realiza cada uno de los objetos, aunque finalmente no hayan sostenido que llegan al mismo tiempo.

Mal: cualquier respuesta que no encuadraba como “bien” o “regular”

**Pregunta Nº 3:**

Bien:



Regular: aquellos esquemas en los cuales se dibujaron correctamente las fuerzas *peso* y *reacción normal del plano inclinado de apoyo*, pero no se contempló a la *fuerza de rozamiento*.

Mal: aquellos esquemas en los cuales no se indicó la fuerza *peso*, y/o la fuerza *normal* o se agregaron *fuerzas* ajenas a la situación planteada. También cuando dibujaron vectores “mudos”, es decir cuando no se pudo saber si representaban fuerza, velocidad o aceleración.

**Pregunta Nº 4:**

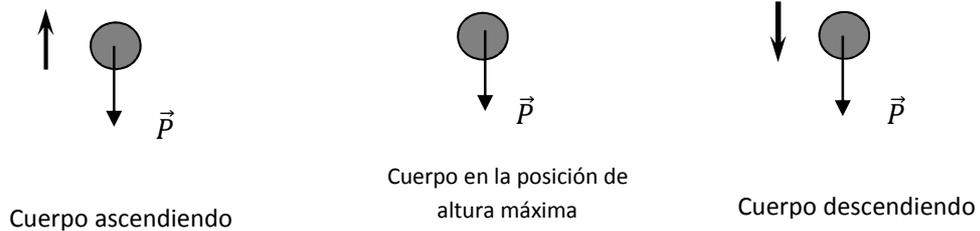
Bien: aquellos casos en que se eligió la respuesta “d”

Regular: aquellos casos en que se eligió la respuesta “a” y la respuesta “e”

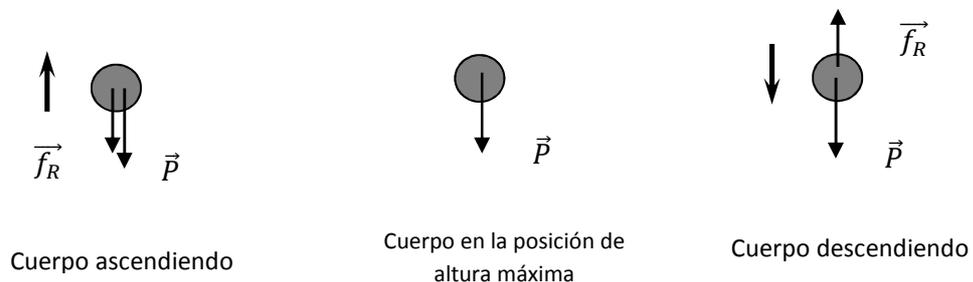
Mal: aquellos casos en que se eligió la respuesta “b”; la respuesta “c” o se combinó una de las respuestas consideradas “regulares” con alguna de las opciones consideradas “mal”.

**Pregunta N° 5:**

Bien:



Regular:



Se consideró como respuesta regular, a aquel esquema en el cual se agregó la fuerza de rozamiento dinámica, pensando en aquel alumno que no se percató (como se indica en el enunciado) que todo el movimiento del cuerpo se daba en el vacío.

Mal: aquellos esquemas en los cuales no figuró la fuerza *peso*, o se agregaron fuerzas ajenas a la situación planteada, como por ejemplo cuando se dibujó la fuerza con la cual la mano impulsa el cuerpo hacia arriba. También, cuando dibujaron vectores mudos, es decir que no se pudo identificar su naturaleza: fuerza, velocidad o aceleración.

**Pregunta N° 6:** esta pregunta contempló a su vez tres situaciones.

***Pregunta N° 6-I:***

Bien: aquellos casos en que se indicó y justificó correctamente que en ambas situaciones se demora el mismo tiempo en recorrer la distancia  $BC$ .

Regular: cuando el alumno respondió que en ambas situaciones se demora el mismo tiempo en recorrer la distancia  $BC$ , pero no justificó o justificó mal.

Mal: cualquier respuesta que se alejó de lo considerado como “bien” o “regular”.

***Pregunta N° 6-II:***

Bien: aquellos casos en que se indicó que en ambas situaciones, tienen la misma velocidad al pasar por la posición “C”, porque la aceleración depende únicamente de la pendiente o inclinación del plano inclinado (no se contempla el rozamiento)

Regular: cuando el alumno respondió que tienen la misma velocidad al pasar por la posición “C”, pero no justificó o justificó mal.

Mal: cualquier respuesta que se alejó de lo considerado como “bien” o “regular”.

***Pregunta N° 6-III:***

Bien: aquellos casos en que se indicó que ambos carritos tienen la misma aceleración, porque en ambas situaciones el plano inclinado tiene la misma pendiente.

Regular: cuando el alumno respondió que la aceleración es la misma, pero no justificó o justificó mal.

Mal: cualquier respuesta que se alejó de lo considerado como “bien” o “regular”.

**Pregunta N° 7:** esta pregunta contempló a su vez tres situaciones.

***Pregunta N° 7-a:***

Bien: aquellos casos en que se indicó que el móvil demora menor tiempo en recorrer la distancia  $AB$ , en el plano inclinado III, ya que la aceleración es mayor por ser mayor la pendiente (inclinación), y cuando se asoció mayor rapidez con mayor inclinación, a pesar de que el concepto de aceleración haya parecido ausente.

Regular: cuando se indicó que es menor el tiempo en el plano inclinado III, pero no justificó o justificó mal, o no mencionó el concepto de aceleración.

Mal: cualquier respuesta que se haya alejado de lo considerado como “bien” o “regular”.

***Pregunta N° 7-b:***

Bien: aquellos casos en que se indicó que al pasar por la posición “B” es mayor la velocidad en el plano inclinado III, puesto que es mayor la aceleración (mayor pendiente).

Regular: cuando el alumno respondió que la velocidad en “B” es mayor en el plano inclinado III, pero no explicó la razón o justificó mal.

Mal: cualquier respuesta que se haya alejado de lo considerado como “bien” o “regular”.

***Pregunta N° 7-c:***

Bien: aquellos casos en que se indicó que la velocidad es distinta, porque la pendiente del plano inclinado es distinta.

Regular: cuando el alumno respondió que la velocidad es distinta, pero no justificó o justificó mal.

Mal: cualquier respuesta que se haya alejado de lo considerado como “bien” o “regular”.

**Pregunta N° 8:** esta pregunta contempló a su vez tres situaciones.

***Pregunta N° 8-a:***

Bien: aquellos casos en que se optó por la expresión  $v' = \sqrt{2} \cdot v$  porque la aceleración es la misma y la distancia  $AC$  es el doble de la distancia  $AB$ .

Regular: cuando el alumno respondió  $v' = \sqrt{2} \cdot v$ , pero no justificó esta elección o la justificó mal.

Mal: cualquier respuesta que se haya alejado de lo considerado como “bien” o “regular”.

**Pregunta N° 8-b:**

Bien: cuando el alumno respondió  $t_{AC} = \sqrt{2} \cdot t_{AB}$  porque la aceleración es la misma y la distancia  $AC$  es el doble de la distancia  $AB$ .

Regular: cuando el alumno respondió  $t_{AC} = \sqrt{2} \cdot t_{AB}$ , pero no justificó o justificó mal.

Mal: cualquier respuesta que se haya alejado de lo considerado como “bien” o “regular”.

**Pregunta N° 8-c:**

Bien: aquellos casos en que se indicó que la aceleración es la misma, porque la pendiente es la misma.

Regular: cuando el alumno respondió que la aceleración es la misma y no justificó o justificó mal.

Mal: cualquier respuesta que se haya alejado de lo considerado como “bien” o “regular”.

**5.6 Acerca de la presencia de Ideas Previas conocidas: su análisis estadístico**

Uno de los interrogantes planteados al momento de proponer este trabajo de investigación, fue *¿Tendrán los alumnos que ingresan a estudiar las carreras de Biología y Geología de la FCEfYN de la UNC concepciones aristotélicas y pre-*

*newtonianas, en lo que respecta al movimiento de los cuerpos y las fuerzas actuantes?*

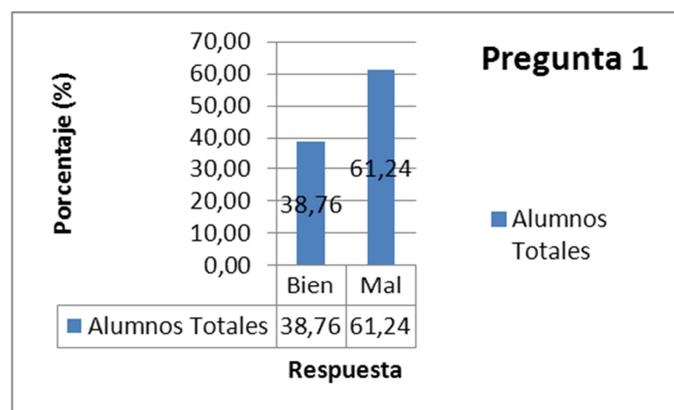
En el cuestionario utilizado para indagar al respecto, se pensaron e incluyeron varias preguntas (*P1, P2, P3, P4 y P5*) a través de las cuales se trató de *averiguar si estas ideas aristotélicas y pre-newtonianas estaban o no presentes* en los alumnos que cursaban Física I en las carreras mencionadas.

Para ello, se trabajó únicamente con el pretest, porque interesa saber las ideas que tienen los alumnos antes del desarrollo del tema en la universidad, y se analizaron las respuestas que dieron todos los estudiantes *tomados como un solo conjunto*, sin diferenciar por grupo (GE o GC) ni Comisión (*1, 2, 4, 5, y 6*), discriminadas según respondieran *Bien*, o en su defecto *No contesta, no comprenden la consigna, responden mal y/o regular*, por el otro.

El análisis estadístico de los resultados obtenidos para cada pregunta, es el siguiente:

#### **Pregunta 1:**

Respondieron en total esta pregunta en su instancia *pre* 129 alumnos (100%), de los cuales solo 50 (38,76%) respondieron correctamente, es decir eligieron como respuesta correcta a la opción “d”; o visto al revés, podemos decir que 79 alumnos (61,24%) respondieron de manera incorrecta, al elegir alguna/s de las otra/s opciones propuestas. Esta información se muestra en el Gráfico 5.1.



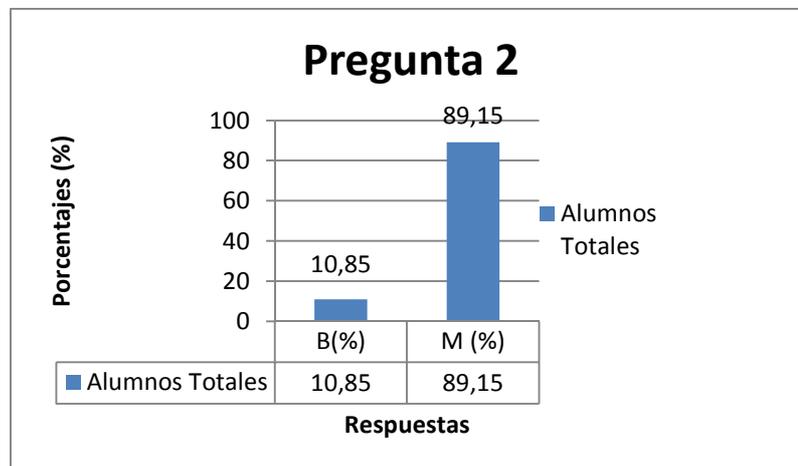
**Gráfico 5.1.** Porcentajes de respuestas correctas e incorrectas a la Pregunta 1.

Si más del 60% de los alumnos encuestados responde de manera incorrecta, podemos decir que está presente en este conjunto de alumnos la idea “aristotélica” de *sostener que cuerpos más pesados llegan primero que aquellos cuerpos más livianos, cuando son liberados desde una misma altura y al mismo tiempo.*

### Pregunta 2:

Se trata de una pregunta abierta donde el alumno tiene que elaborar una respuesta y justificarla.

Los resultados se muestran en el Gráfico 5.2:



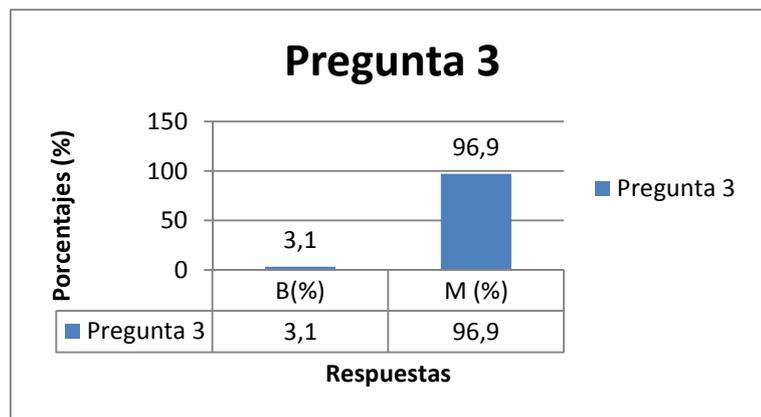
**Gráfico 5.2.** Porcentajes de respuestas correctas e incorrectas a la Pregunta 2.

Se aprecia que solo el 10,85 % de los alumnos indicaron de manera acertada que ambos cuerpos llegan simultáneamente al suelo, y hay otro 89,15% de alumnos que responden de manera incorrecta (regular, mal, no contestan o no interpretan la consigna). Aquí también podemos inducir que se reconocen, en un porcentaje importante (89,15%) de los estudiantes, ideas aristotélicas.

### Pregunta 3:

Se trata de una pregunta abierta, en la cual los alumnos tienen que dibujar las fuerzas intervinientes sobre un cuerpo que se mueve sobre un plano inclinado en distintas situaciones: *mientras asciende, cuando alcanza su posición de altura*

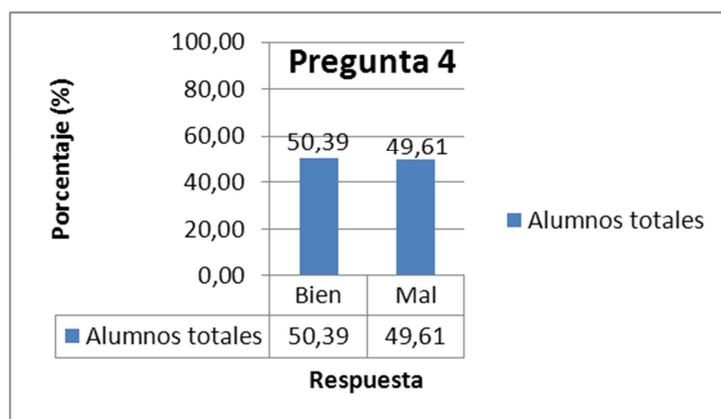
máxima y cuando está descendiendo. De los 129 alumnos (100%) que respondieron esta pregunta, solo 4 (3,10%) respondieron correctamente, indicando y dibujando de manera correcta las fuerzas intervinientes, y los restantes 125 (96,90%) respondieron mal, ya sea porque reconocieron fuerzas de más o de menos, o las dibujaron de manera incorrecta. Los resultados se muestran en el Gráfico 5.3



**Gráfico 5.3.** Porcentajes de respuestas correctas e incorrectas a la Pregunta 3.

**Pregunta 4:**

De 129 estudiantes (100%) que respondieron esta pregunta en su instancia *pre*, solo 65 (50,39%) respondieron correctamente al seleccionar la opción “d”, o en su defecto, 64 (49,61%) respondieron de manera incorrecta, al elegir una opción inadecuada. Los resultados se muestran en el Gráfico 5.4.

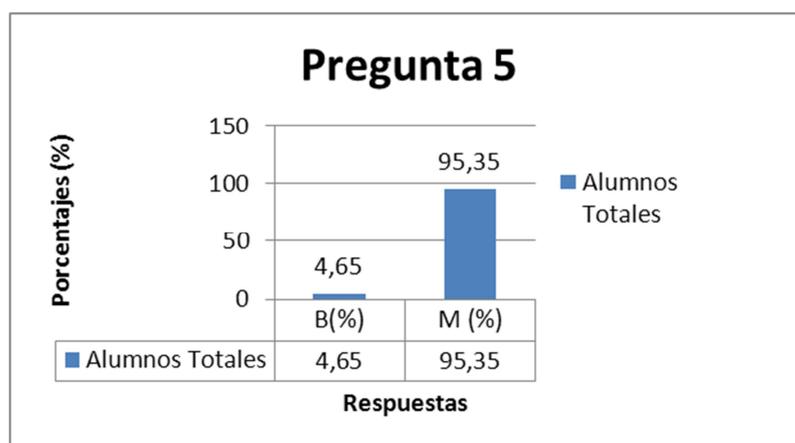


**Gráfico 5.4.** Porcentajes de respuestas correctas e incorrectas a la Pregunta 4.

Aquí los porcentajes de “acierto” y “error” están repartidos *casi por igual*, pero de todas maneras, en casi el 50% de los alumnos encuestados se observa la presencia de la idea aristotélica de sostener que *si un cuerpo se mueve, es porque alguna fuerza debe estar operando a tal fin*.

### Pregunta 5:

Los resultados se muestran en el Gráfico 5.5.



**Gráfico 5.5.** Porcentajes de respuestas correctas e incorrectas a la Pregunta 5.

El gráfico indica que en la instancia *pre*, solo hay un 4,65% de estudiantes que responden correctamente, es decir, dibujando que la única fuerza que actúa sobre el cuerpo desde que se despega de la mano de la persona, alcanza su altura máxima, y regresa a su posición inicial, es su propio peso. Esto quiere decir que hay un 95,35% de alumnos que respondieron de manera errónea, ya sea porque agregaron al esquema fuerzas inexistentes (generalmente la fuerza impulsora de la mano, entre otras) o por el contrario dejaron de lado al peso del cuerpo. Aquí también se identifican en los alumnos ideas previas “aristotélicas”.

### 5.7 Discusión sobre las Ideas Previas de los alumnos en relación a fuerzas y cuerpos en movimiento.

El proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física adolece de un grave inconveniente: los alumnos terminan sus cursos sin lograr una adecuada comprensión y manejo de los principios y conceptos fundamentales de la Física; y esto ocurre sin importar, en la mayoría de los casos, su nivel educativo, sus hábitos de estudio, sus capacidades, habilidades, su país de origen, etc. (Clement, J., 1982; McDermott, L. C., 1997; Sebastia, J. M., 1984; Gil, P. D. y Guzmán, O. M., 2001; Gómez, G. J. A. y Insausti, T. M. J., 2004)

La enseñanza de la Física se puede mejorar de diversos modos, sin embargo, un número importante de investigaciones han puesto en evidencia que si se quieren alcanzar resultados favorables, es imposible ignorar el rol que juegan las *ideas previas* en el aprendizaje de las ciencias en general, y de la Física en particular.

A continuación se repasan algunas de las *ideas previas* relacionadas con los cuerpos y las fuerzas actuantes, que se han reconocido a lo largo del tiempo a través de diversas investigaciones y que fueron recopiladas por Mora C. y Herrera D. (2013), en su trabajo “Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza”:

- A. *Todo movimiento tiene una causa (la fuerza o la gravedad).* Muchos alumnos universitarios entrevistados mencionan que el movimiento puede iniciarse por una fuerza aplicada al objeto o por la gravedad (que es una “*tendencia intrínseca a caer*”); que pueden mantenerse en movimiento por la acción continua de una fuerza o de la gravedad, o por una fuerza interna del objeto (el llamado ímpetus); y oponerse al movimiento por la resistencia intrínseca del objeto (peso o masa), por la resistencia del medio que rodea al objeto o por los obstáculos que encuentra en su camino. Algunos alumnos sostienen que una fuerza es: “*la que inicia el movimiento*”, “*la que cambia la dirección del movimiento*” o la que “*no tiene nada que ver con el cambio en la velocidad, sino que sólo mantiene el movimiento*”.
- B. *En ausencia de fuerza, todo objeto permanece en reposo* (con respecto a la Tierra).

- C. *El aire y/o la presión del aire son los responsables de que un objeto se mantenga en reposo.* Se realizaron trabajos para indagar sobre las ideas previas acerca del estado de reposo de los cuerpos, y para ello se colocaba un libro sobre una mesa y se le pedía a los alumnos que hicieran un diagrama en el que dibujaran con flechas las fuerzas que actuaban sobre el libro para mantenerse sobre la mesa: la mayoría de los estudiantes dibujaron flechas alrededor del bloque, apuntando hacia el mismo, e indicaron que las flechas representaban la presión del aire; otros alumnos sólo dibujaron flechas sobre el bloque orientadas hacia abajo y dijeron que las flechas indicaban la presión del aire y que ésta ayudaba a la gravedad a mantener el libro sobre la mesa.
- D. *Cuando un objeto se encuentra sobre una superficie, ésta lo único que hace es sostener el objeto, evitando así que éste se mueva.* Se encontró que muchos estudiantes creen que los objetos inanimados pueden servir como barreras para detener o redirigir el movimiento, pero no los reconocen como agentes capaces de proporcionar una fuerza.
- E. *Los obstáculos pueden re direccionar o detener el movimiento, pero ellos no pueden ser agentes que apliquen fuerzas.* Siguiendo con la idea previa anterior, se encontró que muchos alumnos argumentan que la acción o resistencia que ejerce un medio no es una fuerza, ya que no inicia ni mantiene un movimiento.
- F. *Los objetos para caer no requieren fuerza, ya que ellos siempre quieren ir hacia abajo.* En general, muchos alumnos creen que la gravedad es la “*tendencia a caer de los objetos*”, por lo que no consideran que a la gravedad se asocie fuerza alguna. Esta concepción acerca de por qué las cosas van hacia abajo es tan antigua como Aristóteles, cuyas explicaciones involucraban la tendencia de los objetos, hechos de materiales terrestres, para ir hacia abajo, a su lugar de reposo natural sobre la superficie de la Tierra.
- G. *En el instante en que se suelta una pelota, sobre ella no actúa fuerza alguna.* Aquí, los estudiantes desconocen la interacción entre el cuerpo y la Tierra.

- H. *Una fuerza constante produce una velocidad constante.* Muchos estudiantes creen que un cuerpo al que se le aplica una fuerza constante, se mueve necesariamente con una velocidad constante.
- I. *El intervalo de tiempo necesario para recorrer una distancia dada bajo una fuerza constante, es inversamente proporcional a la magnitud de la fuerza.* Numerosos estudiantes creen que una fuerza constante produce una velocidad constante, y que el intervalo de tiempo necesario para recorrer una cierta distancia bajo una fuerza constante, es inversamente proporcional a la magnitud de la fuerza interviniente.
- J. *Una fuerza no puede mantener un objeto acelerado indefinidamente.* Algunos estudiantes creen que el efecto de una fuerza se “auto-consume” o se disipa por resistencias externas.
- K. *Cuando dos o más fuerzas están en competencia, el movimiento queda determinado por la fuerza más grande.* Muchos estudiantes caracterizan la interacción entre dos objetos por un principio de “dominancia” que puede expresarse de dos maneras: que la masa mayor ejerce la mayor fuerza, o que el objeto que causa movimiento sobre el otro es el que ejerce la mayor fuerza, debido a que supera la oposición del otro.
- L. *Una fuerza no puede mover un objeto, a menos que ésta sea mayor que el peso o la masa del objeto.* Esta idea va unida a la anterior, ya que el principio de dominancia tiene un origen natural en la experiencia, puesto que para mover un objeto pesado, se necesita empujar hasta lograr “superar” la resistencia, y después se necesita de menos fuerza para mantener el movimiento.

Muchas de las ideas previas mencionadas en los párrafos anteriores responden al pensamiento aristotélico, que a primera vista resultan *ciertamente* razonables y muy cercanas al sentido común.

En la doctrina de pensamiento aristotélico, todas las cosas están constituidas por cuatro elementos fundamentales: *tierra, agua, fuego y aire*. El peso de un cuerpo está determinado por la proporción que contiene de cada uno de ellos. Por otra parte, el peso determina el estado de movimiento “natural” de las cosas: hacia

abajo se mueven los más pesados (compuestos principalmente por tierra y agua), y hacia arriba los más livianos (cuyos principales componentes son el fuego y el aire). Sus leyes de movimiento pueden resumirse diciendo que para que un cuerpo adquiera una velocidad, es necesario aplicar una fuerza mayor a la resistencia. Esta es una noción bastante intuitiva: para mover algo debemos empujarlo, y el movimiento empieza recién después de que nuestro empuje sobrepasa un cierto valor. Según Aristóteles, el cuerpo en movimiento adquirirá una velocidad proporcional a la fuerza e inversamente proporcional a la resistencia. Definiendo de manera adecuada la *resistencia*, esta expresión describe correctamente el movimiento de un objeto sometido a fuerzas de rozamiento dependientes de la velocidad, que llegan a una velocidad límite proporcional a la fuerza aplicada.

Uno de los aspectos más criticables de la doctrina aristotélica es como describe la caída de los cuerpos en las cercanías de la Tierra. Este problema interesó a los filósofos naturales desde la antigüedad, y jugó un rol fundamental en el desarrollo de la Física. Aristóteles afirmaba que los cuerpos caen con una velocidad proporcional a su peso, es decir, soltando objetos de distinto peso desde una misma altura, el tiempo de caída sería inversamente proporcional a su peso; cuerpos más pesados llegan más rápidos que aquellos cuerpos más livianos.

Uno de los principales objetivos del estudio de las ideas previas es enfocarse en su evolución, para lograr un mejor aprendizaje y comprensión de los conceptos científicos.

A pesar de que existen diferentes teorías sobre el posible cambio conceptual, existe mayor evidencia y apoyo para aquellas teorías que sugieren que el cambio conceptual no ocurre en su totalidad y de manera instantánea, sino que lo consideran como un proceso gradual y progresivo, un proceso evolutivo. Además, se ha encontrado que este proceso de cambio no es aleatorio, sino que parece replicar la evolución histórica seguida por los conceptos científicos. Como se mencionó anteriormente, una de las características de las ideas previas es que guardan cierta semejanza con ideas que se han presentado en la historia de la ciencia, de manera que se asemejan a ideas pre - Aristotelianas o pre - Galileanas.

Debido a la semejanza de las ideas previas con la evolución de los conceptos científicos, Harres (2005) considera que no es suficiente catalogar las ideas previas de las personas como *ciertas o falsas*, comparándolas con el conocimiento científico vigente. Este investigador le da una especial importancia a la tarea de clasificar y analizar las ideas previas de los alumnos con relación al proceso histórico de los conceptos científicos, por lo que propone que el cambio conceptual debe estar basado en una perspectiva epistemológica evolutiva del conocimiento científico y en una concepción constructivista del aprendizaje; de manera que se contraste el desarrollo histórico de los conceptos con una posible evolución de las ideas previas de los alumnos.

Propone una escala de cinco niveles históricos para evaluar las ideas previas de los alumnos sobre el concepto de fuerza y el movimiento de los cuerpos:

- *Aristotélico: los alumnos consideran que el reposo es el estado natural de los cuerpos. También piensan que la fuerza del aire mantiene el movimiento por algún tiempo después del lanzamiento, y que la gravedad y el rozamiento hacen que los cuerpos finalmente se detengan.*
- *Medieval Inicial: los estudiantes creen que la llamada fuerza impresa es la que mantiene el movimiento y que dicha fuerza disminuye naturalmente.*
- *Medieval Mixta: los alumnos consideran que la fuerza impresa disminuye por la acción del rozamiento.*
- *Medieval Pre-Inercial: los estudiantes creen que en el movimiento de los cuerpos actúan tanto la fuerza impresa como el rozamiento.*
- *Inercial: los alumnos consideran que los cuerpos no necesitan de fuerza para mantenerse en movimiento. Además, dicen que los cuerpos se detienen porque actúa una fuerza contraria.*

En relación al cuestionario utilizado en este trabajo de investigación, sus primeras cinco preguntas, buscan indagar en los alumnos acerca de sus ideas previas en lo referido a fuerzas que actúan y tipo de movimiento que experimentan los cuerpos, que en algunos casos son de distintos pesos y tamaños.

Para este estudio, la denominación *correcto* o *incorrecto*, en lo referido a las respuestas dadas por los alumnos al cuestionario, solo revisten un significado clasificatorio y no implican ningún juicio de valor.

Si se analizan las respuestas que dieron *todos* los alumnos, es decir sin discriminar por comisión, a esas cinco primeras preguntas en su etapa *pre*, se puede resaltar lo siguiente:

- a. La *pregunta 1*, presenta una situación en la que se sueltan, simultáneamente y desde una misma altura “h”, dos objetos designados como cuerpo “1” y cuerpo “2” de pesos  $\vec{P}_1$  y  $\vec{P}_2$ , respectivamente, y se les pide a los alumnos que indiquen la/s afirmación/es (de cuatro en total) con las que está de acuerdo, teniendo en cuenta que se supone despreciable el rozamiento. Tendrían que haber señalado su coincidencia con aquella en la cual se indicaba que ambos cuerpos llegarían simultáneamente al suelo, independientemente de sus pesos y sus tamaños, ya que en las otras tres afirmaciones se hacía referencia a que el tiempo de caída estaba influenciado por el tamaño y/o el peso.

De acuerdo a la categorización que se hizo de las respuestas, y agrupando por una lado a todos los que “no contestaron, no comprendieron la consigna, respondieron mal y/o regular”, y por otro, a los que respondieron de manera “correcta”, los resultados indican que solo el 38,76% respondió de manera acertada, y el restante 61,24% no. Esto induce a pensar que está presente en los alumnos y en un porcentaje importante, la idea que los cuerpos más “pesados” y de “mayor tamaño”, llegan primero al suelo. Este tipo de razonamiento de los alumnos se lo puede asociar al *nivel aristotélico*, antes mencionado.

- b. En la *pregunta 2* se hace reflexionar a los alumnos para que luego respondan de manera *justificada*, cuál de los dos objetos presentes en el esquema llega primero al piso, sabiendo que son lanzados simultáneamente, son de igual peso y parten desde una misma altura “h”, pero uno de ellos cae libremente en dirección vertical (partiendo desde el reposo), en tanto que el otro tiene una velocidad inicial  $\vec{v}_0$  paralela al suelo horizontal. El 10,85% de los

alumnos explica de manera correcta que llegarían al suelo de manera simultánea, y el resto (89,15%) plantea en general, que llegan en instantes diferentes, demorando más el cuerpo con lanzamiento horizontal. Observando estos resultados, se puede inferir que para un grupo importante de alumnos (casi el 90%), está presente la idea que el *tiempo de viaje* está directamente relacionado con la trayectoria que describen los cuerpos, sin tener presente las características de cada movimiento.

Se advierte que los alumnos no vinculan, como lo propone la ciencia, la fuerza con el cambio de velocidad. Por eso intuyen que como el cuerpo “b” debe realizar un recorrido mayor, el tiempo que le insume llegar al suelo, también será mayor, y en virtud de ello se inclinan por elegir al cuerpo “a” como aquel que llega primero.

- c. La *pregunta 3* muestra tres situaciones de un cuerpo de masa “m” que se mueve sobre un plano inclinado: cuando está ascendiendo, cuando llega a su posición de altura máxima y cuando está descendiendo; y se les pide a los alumnos que para cada situación, dibujen todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo. Solo el 3,10% de los alumnos responde de manera correcta, indicando como fuerzas intervinientes al peso, la normal y la fuerza de rozamiento (cuando asciende y cuando desciende), y peso y normal, cuando el cuerpo alcanza la posición de altura máxima en el plano. Por el contrario un 96,90% de los alumnos indagados no responde de manera correcta. En algunos casos se dibujan fuerzas presentes en direcciones y sentidos incorrectos, y en otros se ignora alguna de las fuerzas intervinientes. Estas respuestas erróneas, hacen pensar que en los alumnos están presentes aquellas ideas correspondientes a los niveles *Medieval Mixto* y *Medieval Pre-Inercial*, ya que mayoritariamente reconocen la presencia de la fuerza de rozamiento, además de agregar otras fuerzas que la podemos asociar a la llamada *fuerza impresa* entregada al proyectil por el proyector.
- d. La *pregunta 4* muestra una figura con un móvil que se desplaza sobre una superficie horizontal, despreciando el rozamiento con el piso y con el aire, el

cual está sometido al accionar de una fuerza  $\vec{F}$  (también horizontal) que de manera súbita deja de actuar. Se les pide a los alumnos que elijan aquella opción que describe de manera correcta lo que acontece inmediatamente después que la fuerza cesa su accionar. Los resultados indican que el 50,39% de los alumnos, elije la opción correcta, indicando que el móvil continúa su marcha con velocidad constante, y el restante 49,61% equivoca su elección, ya que manifiestan que el móvil se detiene o modifica su velocidad de una manera *desconocida*. En estas respuestas erróneas, manifestadas por casi la mitad de los alumnos indagados, se hace evidente el pensamiento de nivel “aristotélico”, que sostiene que para que un cuerpo se mueva, sobre él tiene que actuar una fuerza.

- e. La *pregunta 5* presenta un cuerpo de masa “m” que es lanzado por una persona verticalmente hacia arriba en el vacío, y muestra tres situaciones en las cuales se les pide a los alumnos que indiquen, para cada una de ellas, las fuerzas intervinientes: cuando el cuerpo está ascendiendo, cuando alcanza su altura máxima y finalmente cuando está descendiendo. Los resultados obtenidos arrojan que solo el 4,65% de los alumnos dibujan correctamente las fuerzas presentes en el cuerpo, en cada una de las situaciones, y el 95,35% restante responden de manera insuficiente o incorrecta. Analizando las respuestas dadas por un porcentaje muy importante de alumnos (superior al 95%) se puede concluir que en ellos se hacen presentes aquellas ideas propias del nivel *Aristotélico y Medieval Inicial*, en donde se sostenían argumentos tales como: *“la fuerza proyectora es la causa del movimiento ascendente”*; *“mientras que la fuerza es mayor que la tendencia del objeto hacia abajo (peso), éste se mueve hacia arriba”*; *“el movimiento ascendente continúa, pero cada vez más lentamente, con la disminución de la fuerza proyectora”*; y *“el proyectil comienza a caer cuando la fuerza ascendente es menor que la tendencia del objeto hacia abajo. El cuerpo se mueve hacia abajo por influencia de su propio impulso interno (peso) cada vez más rápidamente, con la continua disminución de la fuerza proyectora y de la manera más rápida cuando esta fuerza es totalmente agotada”*.

El Gráfico 5.6, reproduce para cada pregunta (de la 1 a la 5), los porcentajes de alumnos que respondieron “Bien”, por un lado, y aquellos que se agrupan en “No contesta, no comprenden la consigna, responden mal y/o regular”, por el otro.

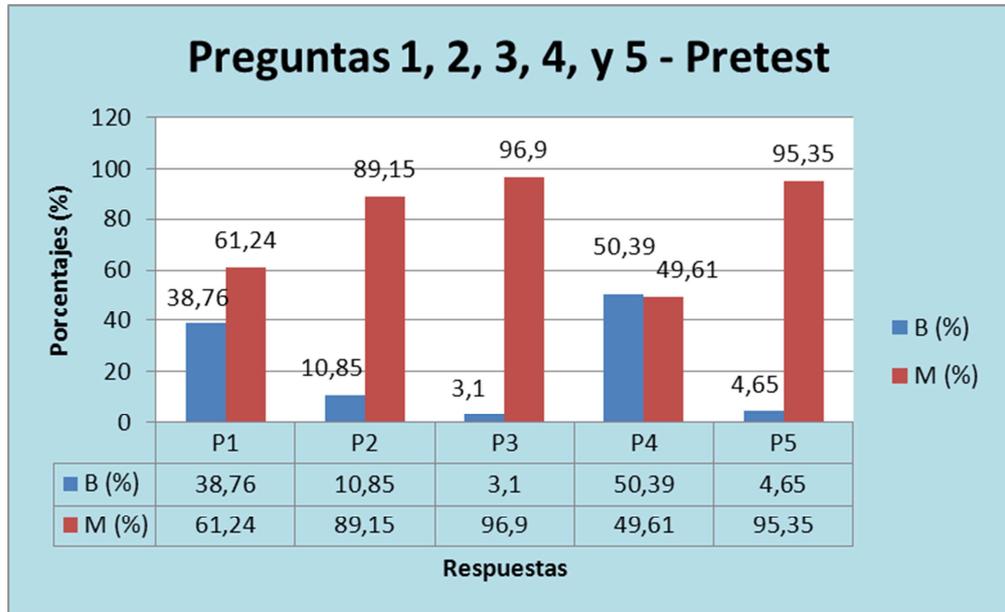


Gráfico 5.6 Respuestas en el pretest a las preguntas 1, 2, 3, 4 y 5.

A continuación, y a pesar que las preguntas 6, 7 y 8 no buscan indagar específicamente en los alumnos acerca de sus ideas previas en lo referido a fuerzas que actúan y tipo de movimiento de los cuerpos, simplemente con un carácter informativo, se muestran las repuestas dadas por *todos los alumnos* a las preguntas 6(I, II, III), 7(a, b, c) y 8(a, b, c) en la instancia del *Pretest*, discriminadas según respondieran “Bien”, o en su defecto “No contesta, no comprenden la consigna, responden mal y/o regular”, por el otro.

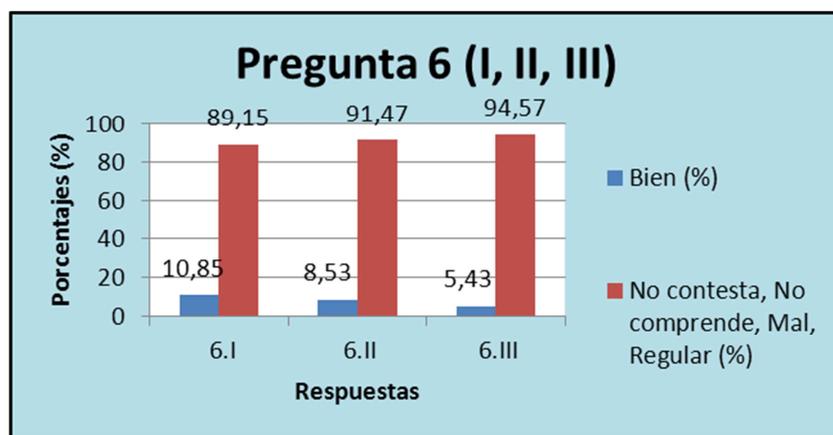
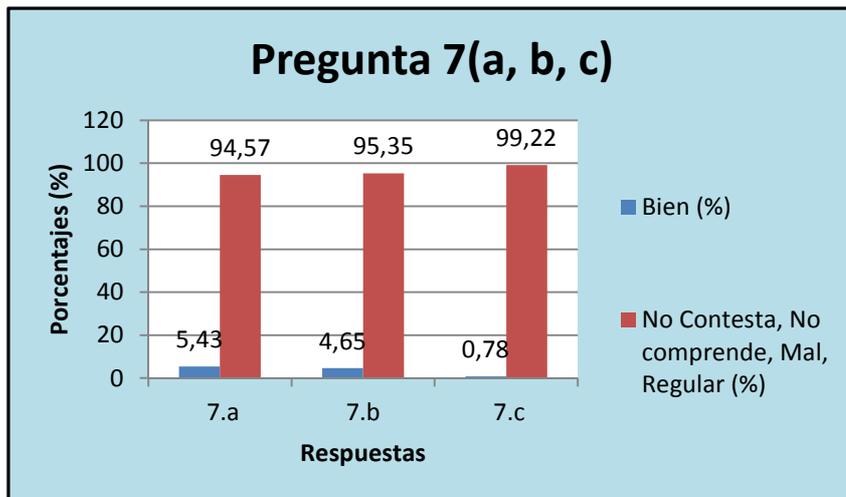
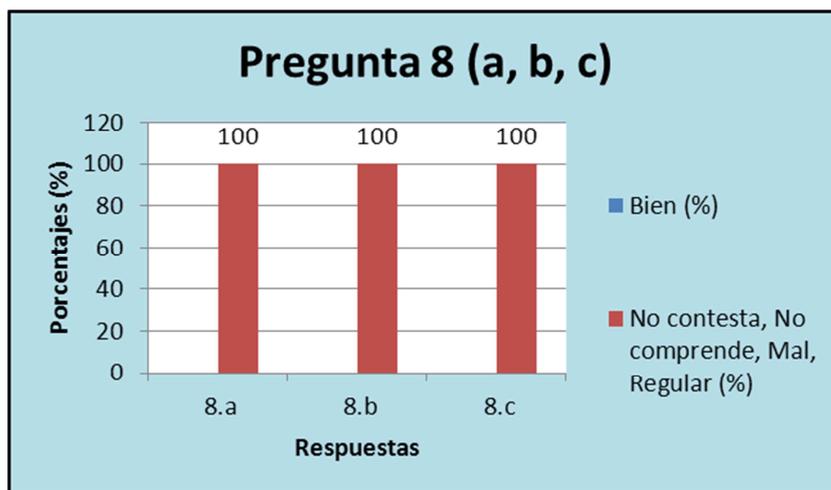


Gráfico 5.7. Respuestas a Preguntas 6 - Pretest



**Gráfico 5.8.** Respuestas a *Pregunta 7* - Pretest



**Gráfico 5.9.** Respuestas a *Pregunta 8* - Pretest

Harres (2005) encontró que esta escala (ya mencionada) ha sido efectiva para caracterizar el conocimiento de los estudiantes sobre fuerza y movimiento, y además se ha encontrado que cuando se emplean estrategias didácticas para propiciar el enriquecimiento conceptual, las transiciones de los conceptos ocurren hacia niveles más avanzados, por ejemplo, de Aristotélico a Medieval Inicial o de Medieval Pre-Inercial a Inercial.

Existe mucha evidencia que demuestra que las ideas previas representan un obstáculo importante para la adquisición de los conceptos científicos. Descubrir el

mecanismo mediante el cual las personas forman sus ideas previas sería de gran utilidad para la enseñanza de las ciencias, sin embargo hasta el momento no existe un único método eficaz y aceptado universalmente que explique su adquisición y en consecuencia, la manera en la que se pueden cambiar, sustituir o permitir un enriquecimiento o evolución de esas ideas previas hacia los conceptos científicos establecidos. Es necesario diseñar estrategias de enseñanza que logren que los alumnos realmente comprendan estos conceptos científicos, y para ello es necesario primero reconocer sus ideas previas *erróneas*, y luego, orientar todos los esfuerzos en diseñar acciones didácticas que impulsen su correcta evolución.

*Cabe preguntarse, ¿qué podemos hacer los docentes para facilitar el enriquecimiento conceptual de los estudiantes, permitiendo que esas ideas previas evolucionen y se acerquen a los conceptos científicos?*

Diremos que, en relación al movimiento de los cuerpos y las fuerzas actuantes, es importante al momento de pensar y diseñar estrategias de enseñanza-aprendizaje, tener presente los siguientes aspectos:

- a) Que todos los estudiantes llegan al aula con ideas previas erróneas o acertadas, acerca de lo que es la *fuerza*.
- b) Que las ideas previas no son ideas pasajeras o errores momentáneos (si correspondiera) presentes en los alumnos, sino que se caracterizan por ser persistentes, de carácter implícito, guardar cierta similitud con ideas que se han presentado en la historia de la ciencia, por tener cierta coherencia interna, y por resultar contradictorias (en algunos casos) cuando se aplican a contextos diferentes.
- c) Que las ideas previas más comunes sobre el concepto de fuerza son: los objetos permanecen en reposo a menos que una fuerza actúe sobre ellos, los objetos inanimados no ejercen fuerza, cuando un objeto cae no requiere de fuerza, una fuerza constante produce una velocidad constante, cuando varias fuerzas están en competencia el movimiento está determinado por la fuerza más grande, la magnitud de una fuerza determina el tiempo en el que se recorre una distancia, una fuerza no puede mantener a un objeto

acelerado indefinidamente y una fuerza sólo puede mover un objeto si es mayor a la masa del objeto.

Lo dicho en los apartados anteriores y las distintas teorías sobre el *cambio conceptual*, permite argumentar que el diseño de una estrategia adecuada para “enseñar” y relacionar los conceptos de fuerza y movimiento, debe tratar de respetar las siguientes pautas:

- La explicación que se proporcione sobre lo que es la fuerza debe poder ser entendida por el alumno, de manera que pueda relacionar esta información con la que él ya posee.
- El concepto de fuerza se debe enseñar de manera que sea consistente con la experiencia vivencial de los alumnos y con sus creencias, de forma que le permita resolver situaciones problemáticas que cualquiera de las ideas previas sobre este concepto no lo puedan hacer.
- La nueva explicación que se intente acerca de lo que es la fuerza, debe intentar generar un conflicto cognitivo con las predicciones que el alumno realice, basadas en cualquiera de las ideas previas sobre fuerza.
- A los fines de alcanzar un aprendizaje significativo, se debe proporcionar la mayor cantidad posible de experiencias con el concepto de fuerza, para que los alumnos puedan establecer nuevas relaciones sustantivas con otros conceptos y hechos conocidos por ellos, preferentemente de su entorno cotidiano.
- Para alcanzar un aprendizaje significativo, se debe intentar que los estudiantes estén motivados e interesados en aprender, y que adquieran una actitud positiva hacia la adquisición del concepto científico.
- Puede resultar muy útil, basarse en una perspectiva epistemológica evolutiva del conocimiento científico para pensar y diseñar una estrategia de enseñanza en la que se vayan superando de manera gradual (principalmente a través de prácticas experimentales) las ideas previas sobre fuerza y movimiento de cuerpos, de acuerdo a la clasificación propuesta por Harres (2005), es decir, primero descartar las ideas de tipo Aristotélico, luego las de

tipo Medieval Inicial, Medieval Mixta y por último las de Medieval Pre-Inercial.

### 5.8 Acerca del Enriquecimiento Conceptual: su análisis y discusión

Es importante recordar que todos los alumnos respondieron un cuestionario de opciones múltiples sobre temas referidos a movimiento de cuerpos y fuerzas actuantes, bajo la técnica de pretest y postest: es decir, antes que el tema fuese desarrollado en las clases teóricas y prácticas (antes de la instrucción) y luego, después de recibir información y haber realizado la correspondiente práctica de laboratorio. Entre ambos cuestionarios, el *GE (Grupo Experimental)* desarrolló una *PEC (Práctica Experimental Crucial)* y el *GC (Grupo Control)* una *PET (Práctica Experimental Tradicional o Habitual)*, y ambos grupos, clases teóricas y prácticas. Con respecto a esta última indicación, es valioso aclarar que como esas clases teóricas y prácticas eran impartidas por diferentes docentes, a los fines que esto no operara como una *variable extraña*, se consensuó y homogeneizó con ellos, acciones didácticas básicas que no debían estar ausentes.

A los fines de *medir* el efecto del *tratamiento*, es decir medir de qué forma la práctica experimental (especialmente diseñada y crucial) operaba o no a favor de un enriquecimiento y evolución conceptual generando un conflicto cognitivo, se compararon los puntajes totales obtenidos por cada alumno al responder el mismo cuestionario en las dos instancias. Los puntajes totales (nota) de los alumnos, considerando todas las preguntas, podían oscilar entre 14 y 42, ya que se trata de 14 preguntas (correspondientes a 8 situaciones físicas) y la respuesta a cada pregunta, puede valorarse como 1, 2 o 3.

Para llevar a cabo la comparación, al puntaje total obtenido por cada alumno en el postest, se les restó el puntaje total obtenido en el pretest, y se trabajó con las *diferencias* obtenidas. Se calculó el valor medio de esa diferencia, y ese es el valor que figura en tabla. Esa diferencia podía dar un resultado: "*positivo*" que se entiende como una mejora; "*negativo*" que se interpreta como un empeoramiento; y finalmente "*nulo*" que señala ausencia de cambios aparentes. A continuación se

muestran los resultados que surgieron de comparar la “diferencia” de puntaje total entre el postest y el pretest, entre GE y GC.

5.8.1 ANOVA comparando la diferencia de nota total entre el postest y el pretest del Grupo Experimental vs. Grupo Control (con todas las preguntas del cuestionario)

**Especificación del modelo en R**

```
modelo.004_diftot_REML<-gls(diftot~1+Tratamiento
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.data04)
```

**Resultados para el modelo: modelo.004\_diftot\_REML**

Variable dependiente: diftot

**Medidas de ajuste del modelo**

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0
93	548,10	555,63	-271,05	4,57	0,07

AIC y BIC menores implica mejor

**Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	90,83	<0,0001
Tratamiento	1	7,00	0,0096

**Pruebas de hipótesis secuenciales**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	103,18	<0,0001
Tratamiento	1	7,00	0,0096

**Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento**

DGC (Alfa=0.05)

Tratamiento	Medias	E.E.	
experimental	7,47	1,11	A
control	4,22	0,52	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )

La Tabla 5.9, sintetiza los resultados obtenidos en las “diferencias”.

	GE	GC	Valor p
Dif. Media por Grupo y su Error Estándar	7,47 ± 1,11	4,22 ± 0,52	p = 0,0096 (s)

Tabla 5.9 – Diferencia Media por Grupo ± Error Estándar

El ANOVA indica una diferencia estadísticamente significativa entre las medias obtenidas para el GE y el GC, lo cual indica que dichas diferencias no se deben al azar, sino al tratamiento aplicado.

5.8.2. ANOVA comparando la diferencia de nota solo en preguntas de plano inclinado entre postest y pretest, de GE vs. GC.

Como estudio complementario al anterior, y a los fines de seguir *midiendo* el efecto del *tratamiento*, se decidió analizar las diferencias obtenidas, tanto por el **GE** como por el **GC**, entre el puntaje del postest y el pretest, trabajando únicamente con las preguntas del cuestionario directamente asociadas al *plano inclinado*. Incluye las preguntas 3, 6, 7 y 8: en total 10 preguntas, por lo que la nota para cada alumno, puede oscilar entre 10 (responde todo mal) y 30 (responde todo bien).

Los resultados de este análisis son los siguientes:

**Especificación del modelo en R**

```
modelo.005_DIF.PlIncl_REML<-gls(DIF.PlIncl~1+Tratamiento
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.data05)
```

**Resultados para el modelo: modelo.005\_DIF.PlIncl\_REML**

Variable dependiente: DIF.PlIncl

**Medidas de ajuste del modelo**

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2_0
93	527,11	534,64	-260,55	4,08	0,04

AIC y BIC menores implica mejor

**Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	62,38	<0,0001
Tratamiento	1	4,00	0,0483

**Pruebas de hipótesis secuenciales**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	73,53	<0,0001
Tratamiento	1	4,00	0,0483

**Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento**
*DGC (Alfa=0.05)*

Tratamiento	Medias	E.E.	
experimental	5,41	0,99	(A)
control	3,22	0,47	(B)

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ )*

La Tabla 5.10, resume los resultados obtenidos.

	<b>GE</b>	<b>GC</b>	<b>Valor p</b>
<b>Dif. Media por Grupo más su Error Estándar</b>	<b>5,17 ± 0,99</b>	<b>3,22 ± 0,47</b>	<b>p = 0,0483 (s)</b>

**Tabla 5.10 – Diferencia Media por Grupo ± Error Estándar**

El ANOVA indica también una *diferencia significativa* entre las medias obtenidas en el GE y el GC (a favor del GE), con respecto a las preguntas de “plano inclinado”.

5.8.3 ANOVA comparando diferencia de nota en las preguntas 6.I, 6.II, 6.III, 7.a, 7.b, 7.c, 8.a, 8.b, y 8.c, entre el postest y el pretest, de GE vs. G C.

También se consideró interesante realizar un análisis comparado de las respuestas dadas por los alumnos a estas preguntas del cuestionario, que abordan específicamente el movimiento de cuerpos en el plano inclinado, y están muy relacionadas con las actividades propuestas en la PEC. Incluye solo las preguntas 6, 7 y 8: en total 9 preguntas, por lo que la *nota* para cada alumno puede oscilar entre 9 y 27.

**Especificación del modelo en R**

```
modelo.006_DIF678_REML<-glm(DIF678~1+Tratamiento
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.data06)
```

**Resultados para el modelo: modelo.006\_DIF678\_REML**

Variable dependiente: DIF678

**Medidas de ajuste del modelo**

N	AIC	BIC	logLik	Sigma R2_0
93	520,33	527,86	-257,17	3,93 0,05

AIC y BIC menores implica mejor

**Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	60,34	<0,0001
Tratamiento	1	4,72	0,0325

**Pruebas de hipótesis secuenciales**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	68,33	<0,0001
Tratamiento	1	4,72	0,0325

**Medias ajustadas y errores estándares para Tratamiento**

DGC (Alfa=0.05)

Tratamiento	Medias	E.E.	
experimental	5,24	0,95	A
control	2,95	0,45	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

La siguiente Tabla 5.11, sintetiza los resultados obtenidos.

	GE	GC	Valor p
<b>Dif. Media por Grupo más su Error Estándar</b>	<b>5,24 ± 0,95</b>	<b>2,95 ± 0,45</b>	<b>p = 0,0325 (s)</b>

**Tabla 5.11 – Diferencia Media por Grupo ± Error Estándar**

Aquí también, el ANOVA indica una *diferencia significativa* entre las medias obtenidas para el GE y el GC, con respecto a estas preguntas de “plano inclinado”.

### 5.9 Otro tipo de análisis: comparación por pregunta

Con el propósito de evaluar el efecto provocado por la aplicación de la *PEC* en el *GE*, con respecto a la *PET* en el *GC*, se compararon las respuestas en el postest y el pretest, *calculando su diferencia, en cada pregunta y en cada alumno.*

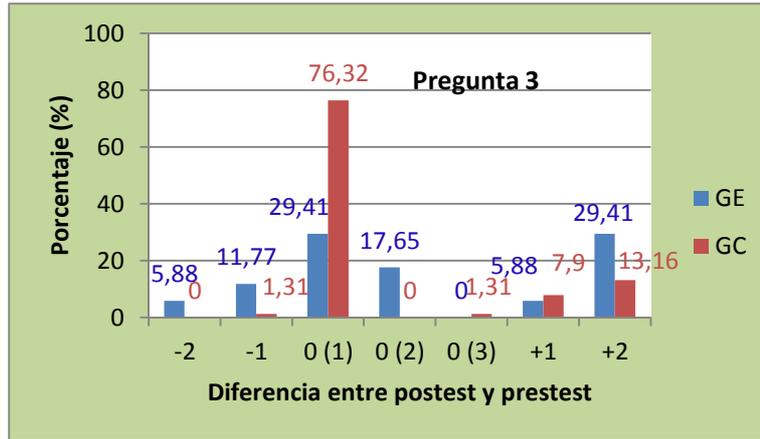
De esta manera, en cada una de las preguntas, se pudo cuantificar la evolución conceptual alcanzada en cada alumno, restando del puntaje correspondiente a su respuesta en el postest, el puntaje obtenido en el pretest. De acuerdo al puntaje asignado en cada respuesta, esa diferencia tomó valores *-2, -1, 0, 1* y *2*. Esto se llevó a cabo para cada una de las preguntas del cuestionario y en cada uno de los alumnos encuestados. Luego se determinaron los porcentajes de ocurrencia de cada uno de los puntajes asignados a los cambios definidos en el *GE* y en el *GC*.

Por ejemplo, como ya se dijo, un cambio conceptual “+1” podría estar indicando que en el pretest la respuesta es regular (2) y en el postest bien (3), y un cambio conceptual negativo estaría indicando un empeoramiento de su respuesta. Por otro lado un cambio conceptual “0”, estaría señalando que no se ha operado ningún cambio apreciable según el tratamiento empleado. Sin embargo y dado que se entiende que el cero (0) puede resultar de hacer la diferencia entre un bien en el postest y un bien en el pretest ( $3 - 3 = 0$ ), regular en el postest y regular en el pretest ( $2 - 2 = 0$ ), y mal en el postest y mal en el pretest ( $1 - 1 = 0$ ), se ha diferenciado estas situaciones indicándolas como: *0(3)*, *0(2)*, y *0(1)* respectivamente.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de realizar este análisis, solamente con las preguntas *3, 6.I, 6.II, 6.III, 7.a, 7.b, 7.c, 8.a, 8.b, y 8.c*, cuyos contenidos se refieren al plano inclinado y están estrechamente vinculados con las acciones propuestas en ambas prácticas experimentales: *PEC* y *PET*.

#### **Pregunta 3**

Grupo	Diferencia: Postest – Pretest (%)							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
GE	5,88	11,77	29,41	17,65	0	5,88	29,41	35,29
GC	0	1,31	76,32	0	1,31	7,9	13,16	21,06

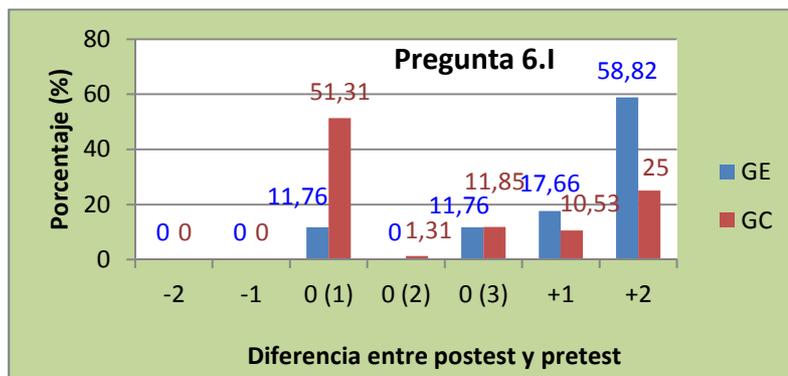


**Tabla y Gráfico 5.12.** Porcentajes de ocurrencia para la diferencia entre posttest y pretest de la pregunta 3.

Considerando de manera agrupada los porcentajes de alumnos que obtuvieron (+1) y (+2), es decir un *cambio positivo o mejoraron su respuesta*, luego de hacer la diferencia entre su respuesta del posttest y la del pretest, se encontró que en el GE el 35,29% “mejoró” su respuesta, a diferencia de lo que ocurre en el GC, donde sólo el 21,06% lo logra.

**Pregunta 6.I**

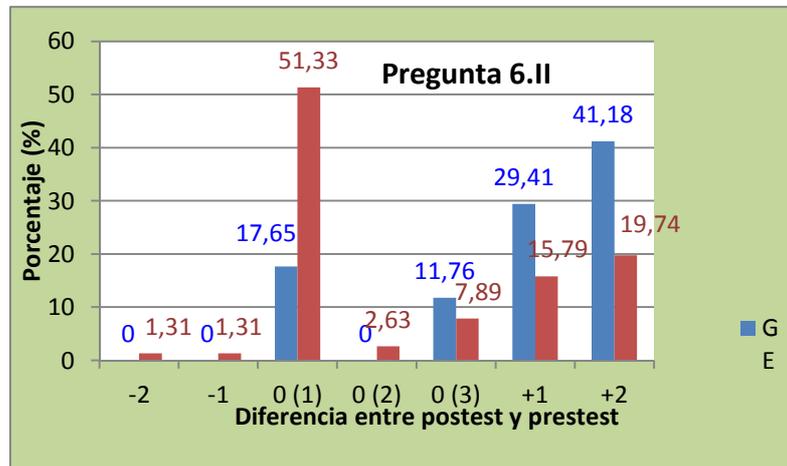
Grupo	Diferencia: Posttest – Pretest (%)							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
GE	0	0	11,76	0	11,76	17,66	58,82	76,48
GC	0	0	51,31	1,31	11,85	10,53	25	35,53



**Tabla y Gráfico 5.13.** Porcentajes de ocurrencia para la diferencia entre posttest y pretest de la pregunta 6.I

**Pregunta 6.II**

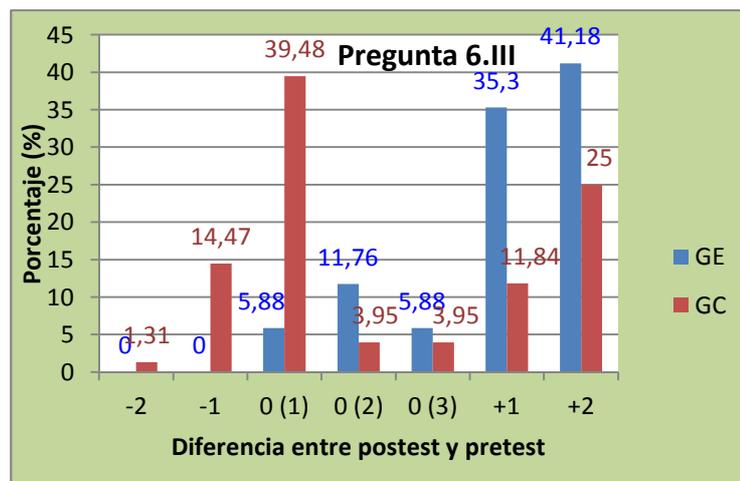
Grupo	Diferencia: Postest – Pretest (%)							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
GE	0	0	17,65	0	11,76	29,41	41,18	70,59
GC	1,31	1,31	51,33	2,63	7,89	15,79	19,74	35,53



**Tabla y Gráfico 5.14.** Porcentajes de ocurrencia para la diferencia entre postest y pretest de la pregunta 6.II.

**Pregunta 6.III**

Grupo	Diferencia: Postest – Pretest (%)							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
GE	0	0	5,88	11,76	5,88	35,3	41,18	76,48
GC	1,31	14,47	39,48	3,95	3,95	11,84	25	36,84

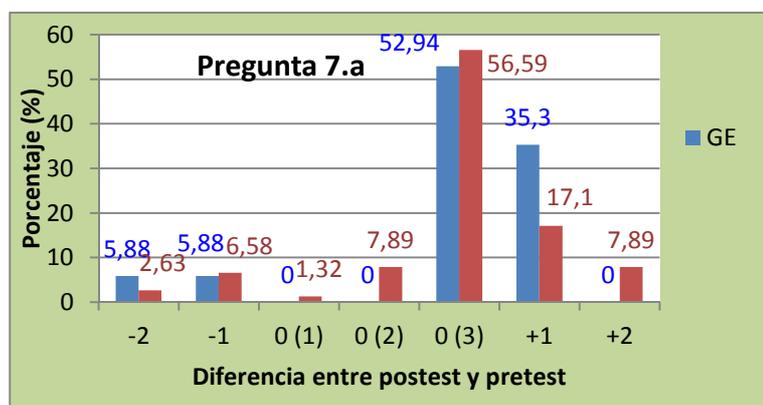


**Tabla y Gráfico 5.15.** Porcentajes de ocurrencia para la diferencia entre postest y pretest de la pregunta 6.III

Integrando el análisis del cambio de respuesta a la *pregunta 6 (I, II y III)*, y considerando de manera agrupada los porcentajes de alumnos que obtuvieron (+1) y (+2) luego de hacer la diferencia entre su respuesta del postest y la del pretest, se obtuvo que en el *GE* aproximadamente más del 70% “mejoró” su respuesta, a diferencia de lo que ocurre en el *GC*, donde solo alrededor del 35% lo logra.

### Pregunta 7.a

Grupo	Diferencia: Postest – Pretest (%)							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
GE	5,88	5,88	0	0	52,94	35,3	0	35,30
GC	2,63	6,58	1,32	7,89	56,59	17,1	7,89	24,99



**Tabla y Gráfico 5.16.** Porcentajes de ocurrencia para la diferencia entre postest y pretest de la pregunta 7.a.

### Pregunta 7.b

Grupo	Diferencia: Postest – Pretest (%)							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
GE	5,88	5,88	5,88	23,53	17,65	29,41	11,77	41,18
GC	3,85	14,1	1,28	16,67	39,74	17,95	6,41	24,36

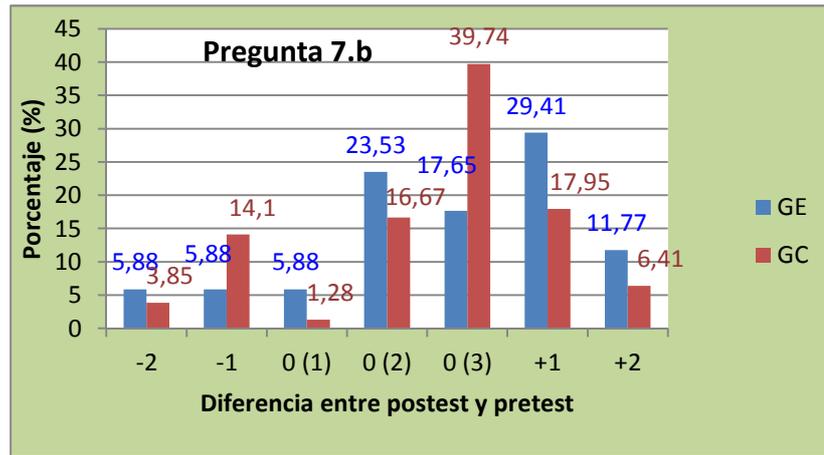


Tabla y Gráfico 5.17. Porcentajes de ocurrencia para la diferencia entre postest y pretest de la pregunta 7.b.

Pregunta 7.c

Grupo	Diferencia: Postest – Pretest (%)							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
GE	0	11,76	5,88	17,65	29,42	23,53	11,76	35,29
GC	0	22,37	0	18,42	11,84	38,16	9,21	47,37

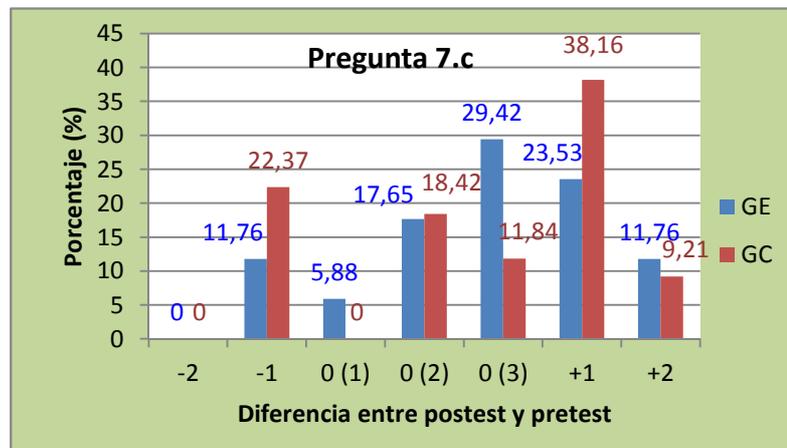


Tabla y Gráfico 5.18. Porcentajes de ocurrencia para la diferencia entre postest y pretest de la pregunta 7.c.

Con respecto a la pregunta 7 (a, b y c), se puede distinguir:

**Pregunta 7.a:** tanto en el GE como en el GC, un porcentaje superior al 50% respondió bien, en el pre y en el postest, y se notó una mejoría levemente mayor en el GE (35,3%) con respecto al GC (24,99%). La buena respuesta inicial, columna 0(3)

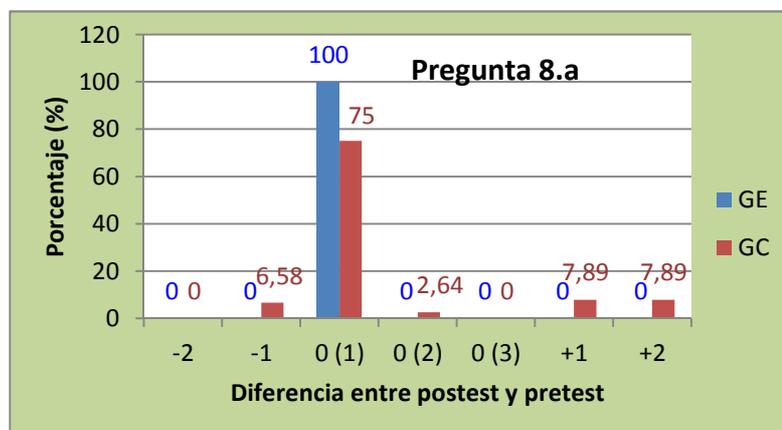
del 52,94%, deja ya poco margen para la mejora. Tal vez, ese sea el motivo de que la mejoría resulta leve.

**Pregunta 7.b:** se observó una importante mejoría alcanzada en el GE (41,18%) en relación a lo ocurrido en el GC (24,36%).

**Pregunta 7.c:** se invirtieron aquí los resultados, y fue el GC (47,37%) el que mostró un mayor porcentaje de alumnos con mejora en su respuesta después de la práctica experimental, comparado al GE (35,29%). También en este caso, la buena respuesta inicial en el pretest, columna 0(3) superior al 29%, deja ya poco margen para la mejora. Tal vez, sea ese el motivo de la inversión aludida.

**Pregunta 8.a**

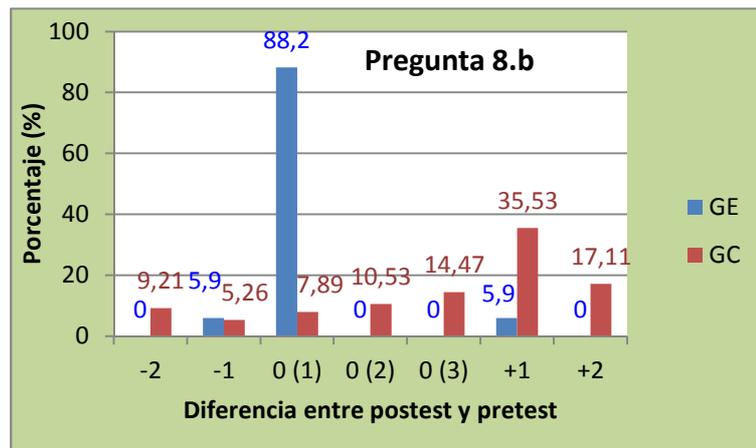
Grupo	Diferencia: Postest – Pretest (%)							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
GE	0	0	100	0	0	0	0	0
GC	0	6,58	75	2,64	0	7,89	7,89	15,78



**Tabla y Gráfico 5.19.** Porcentajes de ocurrencia para la diferencia entre postest y pretest de la pregunta 8.a.

**Pregunta 8.b**

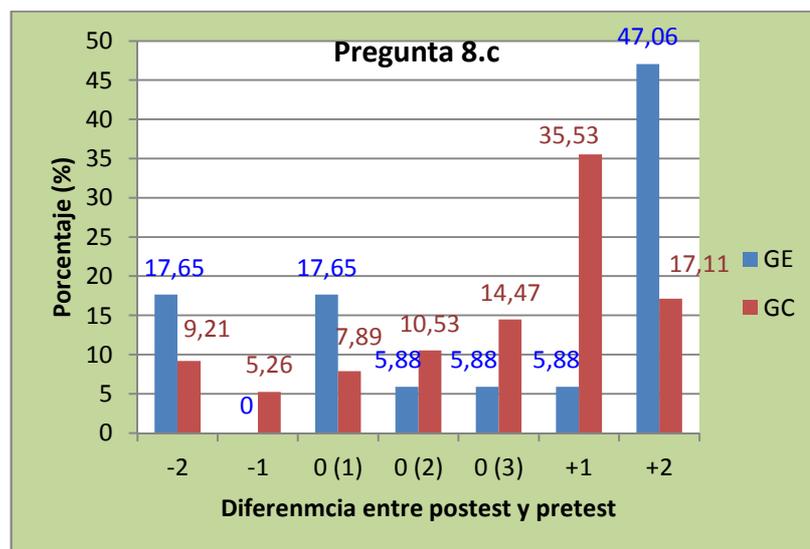
Grupo	Diferencia: Postest – Pretest (%)							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
GE	0	5,9	88,2	0	0	5,9	0	5,9
GC	9,21	5,26	7,89	10,53	14,47	35,53	17,11	52,64



**Tabla y Gráfico 5.20.** Porcentajes de ocurrencia para la diferencia entre postest y pretest de la pregunta 8.b.

**Pregunta 8.c**

Grupo	Diferencia: Postest – Pretest (%)							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
GE	17,65	0	17,65	5,88	5,88	5,88	47,06	52,94
GC	9,21	5,26	7,89	10,53	14,47	35,53	17,11	52,64



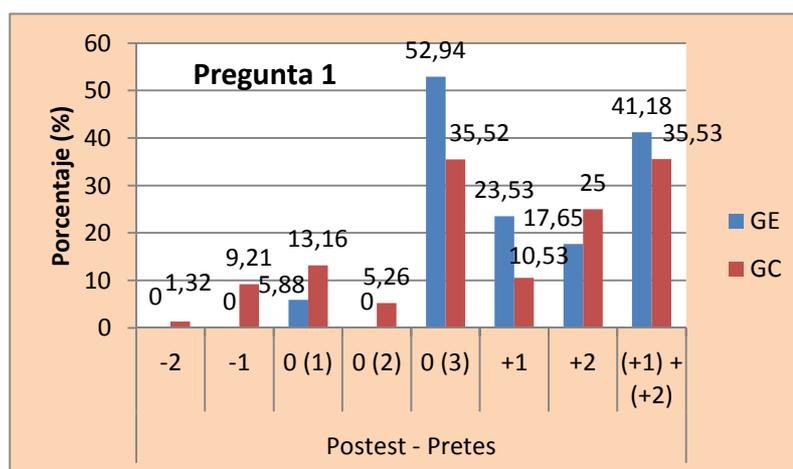
**Tabla y Gráfico 5.21.** Porcentajes de ocurrencia para la diferencia entre postest y pretest de la pregunta 8.c.

Pregunta 8 (a, b y c): repitiendo una mirada general, puede decirse que en las situaciones “a” y “b” es el GC el que mejora su performance, y en el caso “c”, se apreció casi un mismo porcentaje de mejoría en ambos grupos (casi el 53%)

A continuación, se muestran los resultados de analizar las diferencias entre postest y pretest, para las preguntas 1, 2, 4 y 5, que no están directamente vinculadas al movimiento de cuerpos en el plano inclinado.

### Pregunta 1

Grupo	Postest - Pretest							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
GE	0	0	5,88	0	52,94	23,53	17,65	41,18
GC	1,32	9,21	13,16	5,26	35,52	10,53	25	35,53

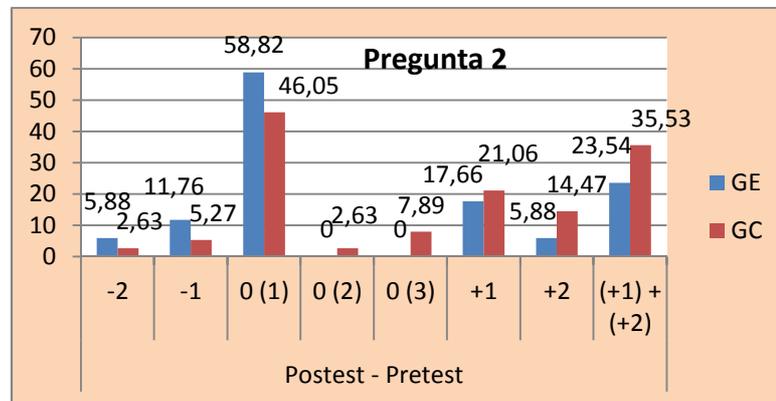


**Tabla y Gráfico 5.22.** Porcentajes de ocurrencia para la diferencia entre postest y pretest de la pregunta 1.

Se observó cómo distintivo, que para esta *pregunta 1*, el 52,94% de los alumnos (este valor alto, reduce fuertemente la posibilidad de mejora) del GE la respondieron correctamente en ambas instancias, contra sólo el 35,52% del GC. A su vez, reuniendo en un solo grupo a todos los alumnos cuya diferencia resultó +1 y +2 (columna de la derecha), es decir que mejoraron su respuesta del “pre” al “pos”, se apreció una leve mejoría en el GE (41,18%) en referencia al GC (35,53%)

**Pregunta 2**

Grupo	Postest - Pretest							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
<b>GE</b>	5,88	11,76	58,82	0	0	17,66	5,88	<b>23,54</b>
<b>GC</b>	2,63	5,27	46,05	2,63	7,89	21,06	14,47	<b>35,53</b>

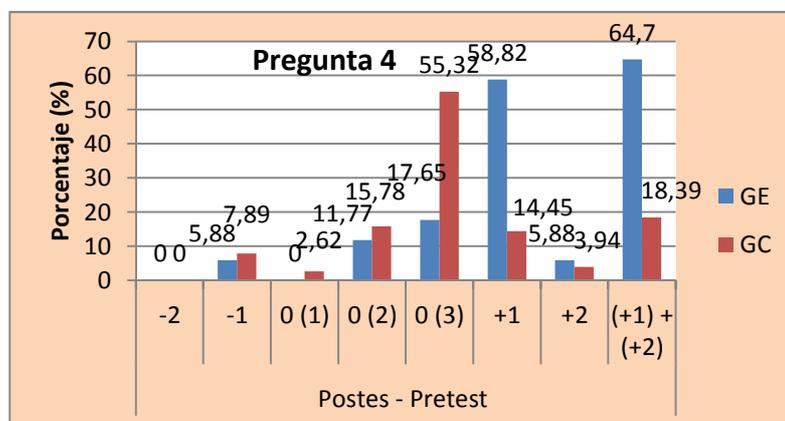


**Tabla y Gráfico 5.23.** Porcentajes de ocurrencia para la diferencia entre postest y pretest de la pregunta 2.

En el análisis de esta *pregunta 2*, resaltaron dos aspectos: por un lado, el 58,82% del *GE* respondió de manera errónea tanto en el “pre” como en el “pos”; y la columna de la derecha indica una mejoría mayor en el *GC* (35,53%) que en el *GE* (23,54%).

**Pregunta 4**

Grupo	Postes - Pretest							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
<b>GE</b>	0	5,88	0	11,77	17,65	58,82	5,88	<b>64,7</b>
<b>GC</b>	0	7,89	2,62	15,78	55,32	14,45	3,94	<b>18,39</b>

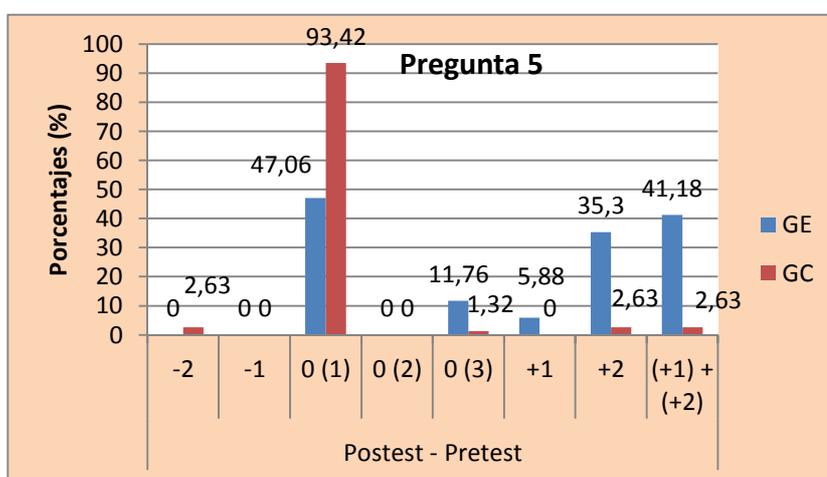


**Tabla y Gráfico 5.24.** Porcentajes de ocurrencia para la diferencia entre postest y pretest de la pregunta 4.

En esta **pregunta 4**, se destacó la mejoría alcanzada por el *GE* (64,7%) contra apenas 18,39% del *GC*, con la salvedad que un porcentaje importante del *GC* (55,32%) la respondió “bien” en ambas instancias.

**Pregunta 5**

Grupo	Postest - Pretest							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
<b>GE</b>	0	0	47,06	0	11,76	5,88	35,3	<b>41,18</b>
<b>GC</b>	2,63	0	93,42	0	1,32	0	2,63	<b>2,63</b>



**Tabla y Gráfico 5.25.** Porcentajes de ocurrencia para la diferencia entre postest y pretest de la pregunta 5.

En el análisis de esta **pregunta 5** resultó notable el elevado porcentaje de alumnos del *GC* (93,42%) que respondió de manera errónea tanto en el pre como el pos, y la mejoría importante evidenciada en los alumnos del *GE* (41,18%) contra el 2,63% del *GC*.

5.10 Discusión sobre el Enriquecimiento Conceptual de los alumnos

En este trabajo, el propósito fue evaluar, fundamentalmente, la posibilidad de lograr el enriquecimiento de las concepciones de los alumnos, comparando las respuestas que aportan antes y después de las acciones didácticas de enseñanza, comisiones de alumnos (*GC*) que desarrollan sus clases tal como lo llevan a cabo

tradicionalmente, y una comisión de alumnos (*GE*) en los que se aplica una nueva estrategia de enseñanza que intenta provocar un conflicto cognitivo.

**A)** En un primer análisis, y para “medir” el efecto del “tratamiento”, es decir valorar de qué forma la práctica experimental (*PEC* o *PET*) operaba o no a favor de un enriquecimiento y evolución conceptual, se compararon los puntajes totales (nota) obtenidos por cada alumno al responder el mismo cuestionario en las dos instancias, mediando entre ellas la intervención docente.

Al puntaje total obtenido por cada alumno en el postest, se les restó el puntaje total obtenido en el pretest, y se trabajó con las diferencias obtenidas. Esa diferencia podía dar un resultado “positivo”, “negativo” o “nulo”.

A continuación (Tabla 5.26) se repasan los resultados que arrojó el ANOVA, comparando la *diferencia de nota total* (todas las preguntas) entre el postest y el pretest del Grupo Experimental vs. Grupo Control.

	<i>GE</i>	<i>GC</i>	<i>Valor p</i>
<i>Dif. Media por Grupo y su Error Estándar</i>	<b>7,47 ± 1,11 (a)</b>	<b>4,22 ± 0,52 (b)</b>	<b>p = 0,0096 (s)</b>
<b>Tabla 5.26 – Diferencia Media por Grupo ± Error Estándar</b>			

El ANOVA indica una *diferencia significativa* a favor del *GE*, entre las “diferencias medias” obtenidas. Esto da lugar a interpretar que la *PEC* operó generando un conflicto cognitivo, que permitió un enriquecimiento conceptual superior al de la *PET*.

Ahora (Tabla 5.27) se repasan los resultados del ANOVA, cuando se compara la diferencia de nota, pero solo analizando las preguntas 3, 6, 7 y 8, referidas al plano inclinado, entre postest y pretest, de Grupo Experimental vs. Grupo Control.

	<i>GE</i>	<i>GC</i>	<i>Valor p</i>
<i>Dif. Media por Grupo y su Error Estándar</i>	<b>5,17 ± 0,99 (a)</b>	<b>3,22 ± 0,47 (b)</b>	<b>p = 0,0483 (s)</b>
<b>Tabla 5.27 – Diferencia Media por Grupo ± Error Estándar</b>			

Nuevamente, el ANOVA indica una *diferencia significativa* entre las “diferencias medias” obtenidas en el GE y el GC, trabajando únicamente con las preguntas de plano inclinado, directamente relacionadas a la PEC y la PET. Se observa una importante mejoría en las respuestas dadas por los alumnos del GE en el “pos” en relación al “pre”.

La Tabla 5.28 muestra los resultados que ofrece el ANOVA comparando “diferencia” de nota en las preguntas 6.I, 6.II, 6.III, 7.a, 7.b, 7.c, 8.a, 8.b, y 8.c, entre el Postest y el Pretest, de GE vs. G C.

	GE	GC	Valor p
<i>Dif. Media por Grupo y su Error Estándar</i>	<i>5,24 ± 0,95 (a)</i>	<i>2,95 ± 0,45 (b)</i>	<i>p = 0,0325 (s)</i>
<b>Tabla 5.28 – Diferencia Media por Grupo ± Error Estándar</b>			

Aquí también, el ANOVA indica una *diferencia significativa* a favor del GE, entre las “diferencias medias” obtenidas por ambos grupos entre postest y pretest, con respecto solo a preguntas de “plano inclinado”.

**B)** Con el propósito de evaluar también el efecto provocado por la aplicación de la PEC en el GE con respecto a la PET en el GC, se compararon las respuestas en el postest y el pretest, calculando su diferencia, en cada alumno.

De esta manera, en cada una de las preguntas, se pudo cuantificar la evolución conceptual alcanzada por cada alumno, restando del puntaje correspondiente a su respuesta en el postest, el puntaje obtenido en el pretest.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de realizar este análisis, solamente con las preguntas 3, 6.I, 6.II, 6.III, 7.a, 7.b, 7.c, 8.a, 8.b, y 8.c, cuyos contenidos se refieren al plano inclinado y están estrechamente vinculadas con las acciones propuestas en ambas prácticas experimentales: PEC y PET. Para un mejor seguimiento del análisis comentado, se recuerdan sintéticamente los enunciados de las preguntas indicadas.

### Pregunta 3

Esta pregunta, como ya se dijo, exhibe tres situaciones de un cuerpo de masa “m” que se mueve sobre un plano inclinado: cuando está ascendiendo, cuando llega a su posición de altura máxima y cuando está descendiendo; y se les pide a los alumnos que para cada situación planteada, dibujen todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo.

Grupo	Diferencia: Postest – Pretest (%)							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
<b>GE</b>	5,88	11,77	29,41	17,65	0	5,88	29,41	<b>35,29</b>
<b>GC</b>	0	1,31	76,32	0	1,31	7,9	13,16	<b>21,06</b>

**Tabla 5.29 – P 3 Diferencias (postest-pretest) en GE y GC**

Cuando los alumnos respondieron la pregunta 3 en el pretest, al momento de dibujar las fuerzas que actuaban sobre el cuerpo, en las tres situaciones indicadas, mostraron serias falencias tanto al identificar e individualizar las fuerzas intervinientes, como así también al momento de dibujarlas con dirección y sentido correctos. A manera de ejemplo se pueden citar como “errores” más frecuentes, los siguientes: dibujar la fuerza peso en una dirección perpendicular al plano inclinado; dibujar la fuerza normal en una dirección vertical; plantear que sobre el cuerpo no actúa fuerza alguna, cuando este alcanza su posición de altura máxima; tener en cuenta, principalmente durante el movimiento de ascenso y en menor número en el descenso, la fuerza que el cuerpo recibió al momento de comenzar a moverse; no contemplar la existencia de la fuerza de rozamiento; entre otros.

A la luz de los resultados que asoman de comparar las respuestas en el postest y el pretest, se aprecia que el 35,29% de los alumnos que hicieron la PEC mejoraron su respuesta (pasando de regular a bien o de mal/No contesta a bien) contra solo 21,06% de los alumnos que hicieron la PET. Se puede inferir que la práctica especialmente diseñada operó favorablemente permitiéndoles abandonar sus ideas previas erróneas y evolucionar hacia ideas científicamente aceptadas, mejorando fundamentalmente el análisis de aquellas magnitudes físicas de carácter vectorial: a la fuerza peso se la dibuja en la dirección de la vertical, y a la fuerza normal, en una dirección perpendicular al plano inclinado.

## Pregunta 6

La pregunta 6 ofrecía un plano inclinado, que formaba un ángulo de  $30^\circ$  con respecto a una dirección horizontal, con tres marcas señaladas como “A”, “B”, y “C”, indicando a su vez que la distancia medida entre “B” y “C” era de 2m. Se planteaban dos situaciones, en una de ellas (a) aparecía un carrito de 300g de masa que partiendo desde el reposo de la posición “A”, recorría toda la pista; y en la otra (b), aparecía el mismo carrito, al que se le agregaba una carga adicional de 500g, y que partiendo del reposo desde la posición “A”, recorría también toda la pista. En ambas situaciones se advertía desprestigiar todo tipo de rozamiento.

Se les pedía a los alumnos que respondieran tres preguntas:

I. *¿En cuál de las situaciones planteadas, el carrito demora más tiempo en recorrer el tramo BC? Justifique.*

II. *¿En cuál de las situaciones planteadas, el carrito adquiere mayor velocidad al pasar por la posición C? Justifique*

III. *¿Qué puede decir acerca de la aceleración que experimenta el carrito, en cada una de las situaciones? ¿Serán iguales? ¿Serán distintas? Explique*

### Pregunta 6.I

Grupo	Diferencia: Postest – Pretest (%)							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
GE	0	0	11,76	0	11,76	17,66	58,82	76,48
GC	0	0	51,31	1,31	11,85	10,53	25	35,53

**Tabla 5.30 - P 6.I Diferencias (postest-pretest) en GE y GC**

Al analizar las respuestas que dieron los alumnos a la pregunta 6.I en la instancia “pre”, se observa que solo una minoría (10,85% - Gráfico 5.7) de ellos indica que demoran lo mismo en hacer el mismo recorrido, independientemente de la masa del carrito y su carga. La gran mayoría, responde de manera “incorrecta”, diciendo que el carrito demora más en hacer el recorrido “BC” de la situación “a”, por ser más liviano, es decir que se hace presente aquí la idea que “cuerpos más pesados

viajan más rápido y tardan menos en recorrer un distancia dada, en comparación con la demora de cuerpos más livianos, para el mismo trayecto”. Luego de realizar las correspondientes prácticas experimentales, al responder el postest, son los alumnos que realizaron la PEC quienes muestran un enriquecimiento conceptual ya que el 58,82% de ellos responde de manera correcta, contra apenas el 25% de alumnos que mejoraron su respuesta, después de hacer la PET. Se puede pensar que la *PEC*, mediciones mediante y con análisis de esos resultados, le permitió revisar sus preconcepciones y aceptar que los cuerpos (despreciando todo tipo de rozamiento) demoran lo mismo en recorrer una misma distancia por el plano inclinado, independientemente de cual sea su masa.

### Pregunta 6.II

Grupo	Diferencia: Postest – Pretest (%)							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
GE	0	0	17,65	0	11,76	29,41	41,18	70,59
GC	1,31	1,31	51,33	2,63	7,89	15,79	19,74	35,53

**Tabla 5.31 - P 6.II Diferencias (postest-pretest) en GE y GC**

En la pregunta 6.II se los indaga acerca de la velocidad que tendrán los cuerpos (carro solo, en la situación “a”, y carro + carga, en la “b”) al pasar por la posición “C”. La mayoría de los alumnos, se inclinó por responder que adquiriría mayor velocidad el cuerpo más pesado, es decir el carro con su carga adicional. Al responder el cuestionario en su etapa “pos”, luego de realizada la correspondiente práctica experimental, son las ideas de los integrantes del *GE* (que realizaron la *PEC*) las que evolucionan positivamente ya que el 41,18% de ellos indica que la velocidad es la misma para ambos carros al pasar por “C”, esgrimiendo que la aceleración depende únicamente de la pendiente o inclinación del plano inclinado (no se contempla el rozamiento). Por otra parte, de los alumnos que realizaron la PET, solo el 19,74% de ellos al responder el cuestionario en su instancia “pos”, responde de manera correcta. Se puede interpretar aquí, que las actividades propuestas en la PET no fueron lo suficientemente específicas y efectivas, para generar una revisión y evolución de sus ideas preconcebidas.

### Pregunta 6.III

Grupo	Diferencia: Postest – Pretest (%)							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
GE	0	0	5,88	11,76	5,88	35,3	41,18	76,48
GC	1,31	14,47	39,48	3,95	3,95	11,84	25	36,84

**Tabla 5.32 – P 6.III Diferencias (postest-pretest) en GE y GC**

En la pregunta 6.III se interroga a los alumnos para que respondan si la aceleración que experimenta el carrito era la misma o distinta, según le tocara descender por el plano inclinado, solo o con una carga adicional. En el pretest, los alumnos eligieron sostener de manera mayoritaria (94,57% - Gráfico 5.7) que la aceleración era distinta, aunque la justificación era muy vaga o difusa. Luego de realizada la práctica experimental, al responder el cuestionario en su etapa “pos”, son los alumnos que realizaron la PEC quienes muestran un enriquecimiento conceptual, ya que el **41,18%** de ellos responde de manera correcta al sostener que la aceleración es la misma, porque en ambas situaciones el plano inclinado tiene la misma pendiente; contra solo una mejora del **25,00%** de los que ejecutaron la PET. Es de pensar que el hecho de haber tenido que trabajar en la PEC con cuerpos de distintas masas, teniendo que registrar los tiempos que ellos demoraban en recorrer ciertas distancias preestablecidas y medidas, les permitió revisar sus ideas previas permitiéndoles reconocer al movimiento de los cuerpos como un M.R.U.V. con aceleración constante.

### Pregunta 7

La pregunta 7 mostraba tres planos inclinados, formando distintos ángulos con respecto a la dirección horizontal, y en cada uno de ellos aparecían marcadas dos posiciones: “A” y “B”. En los tres casos la distancia entre las posiciones indicadas como “A” y “B” era la misma y, se indicaba que partiendo del reposo en la posición “A”, un carrito de masa “m” recorría la mencionada distancia AB, suponiendo

despreciable todo tipo de rozamiento del carrito con el plano inclinado y con el aire.

Se les pedía a los alumnos que respondieran tres preguntas:

- a) *¿En cuál de los casos, el carrito demora menor cantidad de tiempo en recorrer la distancia AB? Explique.*
- b) *¿En cuál de los casos, el carrito alcanza la posición B con mayor velocidad? Explique.*
- c) *La aceleración del carrito, ¿es la misma en todos casos ó distinta? Explique.*

### Pregunta 7.a

Grupo	Diferencia: Postest – Pretest (%)							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
<b>GE</b>	5,88	5,88	0	0	52,94	35,3	0	35,30
<b>GC</b>	2,63	6,58	1,32	7,89	56,59	17,1	7,89	24,99

**Tabla 5.33 – P 7.a Diferencias (postest-pretest) en GE y GC**

En la pregunta 7.a los alumnos tienen que identificar en cuál de los tres planos inclinados, demora menos el carrito en recorrer la distancia AB. Cuando responden el pretest, tanto en el GE como en el GC, poco más del 50% ( 52,59% en el GE y 56,59% en el GC) responde de manera “correcta”, indicando que el carrito demora menor tiempo en recorrer la distancia AB, en el plano inclinado de mayor ángulo, y lo justifican diciendo que la aceleración es mayor por ser mayor la pendiente (inclinación) en algunos casos, y en otros, asocian mayor rapidez con mayor inclinación, aunque el concepto de aceleración no se haga presente de manera evidente. Cuando responden el postest, en el GE se da la particularidad que un 35,30% de los alumnos muda su respuesta eligiendo el plano inclinado de mayor pendiente, pero no justifica de manera correcta. Por su parte, en el GC un 7,89% de los alumnos alcanza una evolución conceptual, respondiendo de manera correcta.

### Pregunta 7.b

Grupo	Diferencia: Postest – Pretest (%)							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
<b>GE</b>	5,88	5,88	5,88	23,53	17,65	29,41	11,77	41,18
<b>GC</b>	3,85	14,1	1,28	16,67	39,74	17,95	6,41	24,36

**Tabla 5.34 – P 7.b Diferencias (postest-pretest) en GE y GC**

En la pregunta 7.b se les pide a los alumnos que identifiquen en cuál de los planos inclinados, el carrito alcanza la posición “B” dotado de mayor velocidad. La respuesta que se espera como correcta es aquella en la cual los alumnos indican que al pasar por la posición “B” es mayor la velocidad en el plano inclinado de mayor pendiente, puesto que en él es mayor la aceleración. Como aspecto distintivo, podemos indicar que en el GC el 39,74% de los alumnos responde correctamente, en el pretest y en el postest, contra solo el 17,65% de alumnos del GE, que repiten su respuesta correcta. Por otra parte, luego de realizar la respectiva experiencia práctica, en el GE el 11,77% de los alumnos evoluciona respondiendo de manera correcta, a diferencia de lo que ocurre en el GC, donde solo el 6,41% alcanza un salto cualitativo de +2.

### Pregunta 7.c

Grupo	Diferencia: Postest – Pretest (%)							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
<b>GE</b>	0	11,76	5,88	17,65	29,42	23,53	11,76	35,29
<b>GC</b>	0	22,37	0	18,42	11,84	38,16	9,21	47,37

**Tabla 5.35 – P 7.c Diferencias (postest-pretest) en GE y GC**

En la pregunta 7.c se interroga a los alumnos para que respondan si la aceleración que experimenta el carrito era la misma o distinta, según cual fuera el plano inclinado por el cual desciende. En el GE hay un 29,42% de los alumnos que responden de manera correcta, tanto en la instancia “pre” como en el “pos”, es decir sostienen que la aceleración es distinta en los planos inclinados, porque sus inclinaciones son distintas, siendo mayor en aquella pista que tenga la mayor

pendiente. En lo que respecta al GC, se observa que luego de realizar la PET, hay un 38,16% de los alumnos que revierte su respuesta errónea del pretest, se da cuenta que la aceleración aumenta con la pendiente del plano inclinado, pero no logra justificarlo adecuadamente.

### Pregunta 8

El enunciado de esta pregunta exhibía un carrito de masa “m” y una pista inclinada, que formaba un ángulo  $\alpha$  con una dirección horizontal. Señalaba que en la pista se habían realizado marcas designadas como A, B y C, de manera tal que la distancia entre A y B se indicaba como “d” y entre A y C, la distancia medida era “2d” (el doble). Con este equipo descripto, y suponiendo despreciable todo tipo de rozamiento del carrito con el aire y la pista, se le planteaban a los alumnos la realización de dos “hipotéticas” experiencias:

Experiencia I: desde la posición A, el carrito partía del reposo, recorría la distancia “d” hasta alcanzar la posición B y demoraba un tiempo cronometrado  $t_{AB}$ .

Experiencia II: desde la posición A, el carrito partía del reposo, recorría la distancia “2d” hasta alcanzar la posición C y demora un tiempo cronometrado  $t_{AC}$ .

En base a este planteo, se les pedía que respondieran tres preguntas:

- a) *Si se conoce que el carrito en la Experiencia I, al pasar por la posición B y después de haber recorrido una distancia “d”, tiene una velocidad  $v$ ; entonces en la Experiencia II al pasar por la posición C, y luego de haber recorrido una distancia “2d”, su velocidad  $v'$  será:  $v' = 2v$  ;  $v' = \sqrt{2} \cdot v$  ;  $v' = 4v$  ; otra respuesta. Elija una opción y justifique esa elección.*
- b) *Si en la Experiencia I, el carrito recorre la distancia “d” y demora un tiempo  $t_{AB}$ , entonces en la Experiencia II, y luego de haber recorrido una distancia “2d”, se puede afirmar que:  $t_{AC} = 2 t_{AB}$  ;  $t_{AC} = \sqrt{2} \cdot t_{AB}$  ;  $t_{AC} = 4 t_{AB}$  ; otra respuesta. Elija una opción justifique su elección.*

- c) *La aceleración del carrito, en ambas experiencias, ¿es la misma ó distinta? Explique.*

**Pregunta 8.a**

Grupo	Diferencia: Posttest – Pretest (%)							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
GE	0	0	100	0	0	0	0	0
GC	0	6,58	75	2,64	0	7,89	7,89	15,78

**Tabla 5.36 – P 8.a Diferencias (posttest-pretest) en GE y GC**

En la pregunta 8.a los alumnos tienen que elegir una opción y justificar su elección, en referencia a la relación que se establece entre la velocidad que alcanza el carrito al recorrer una cierta distancia, en comparación con la velocidad que adquiere, cuando se duplica la distancia recorrida. Se nota como error común presente en los alumnos de ambos grupos, el hecho de plantear que  $v' = 2v$ , es decir que la velocidad se duplicaba, al ser la distancia AC igual al doble de la distancia AB. En el GE se da una particularidad: la totalidad de alumnos responde mal o no responde, tanto en el pretest como en el posttest, es decir la PEC no propició el conflicto cognitivo que diera lugar a un enriquecimiento conceptual. Por otra parte, en el GC un 7,89% de los alumnos mejoró su respuesta, pasando de responder mal en el pretest a contestar de manera correcta en el posttest, eligiendo como opción válida que  $v' = \sqrt{2} \cdot v$ , y justificándola al sostener que la aceleración es la misma y la distancia AC es el doble de la distancia AB. En este mismo grupo, otro 7,89% de los alumnos, también mejoró su respuesta pasando de contestar mal o no contestar a elegir que  $v' = \sqrt{2} \cdot v$ , pero sin acompañar una justificación o justificando mal.

**Pregunta 8.b**

Grupo	Diferencia: Posttest – Pretest (%)							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
GE	0	5,9	88,2	0	0	5,9	0	5,9
GC	9,21	5,26	7,89	10,53	14,47	35,53	17,11	52,64

**Tabla 5.37 – P 8.b Diferencias (posttest-pretest) en GE y GC**

En la pregunta 8.b los alumnos tienen que elegir una opción y también justificarla, con respecto a la relación existente entre el tiempo que demora el carrito en recorrer una cierta distancia, en comparación con el tiempo que demoraría si la distancia a recorrer se duplicara. Se presenta como error frecuente en casi todos los alumnos, el hecho de pensar que al duplicarse la distancia recorrida, se tiene también que duplicar el tiempo. Los resultados muestran que en el GE el 88,2% de los alumnos responde de manera errónea, tanto en la instancia “pre” como en la “pos”, luego de realizar la PEC. En el GC hay un 14,47% de alumnos que responden bien en las dos instancias, y otro 17,11% que evoluciona de un “mal” o “No contesta” a “bien”, seguramente influenciado positivamente por la PET.

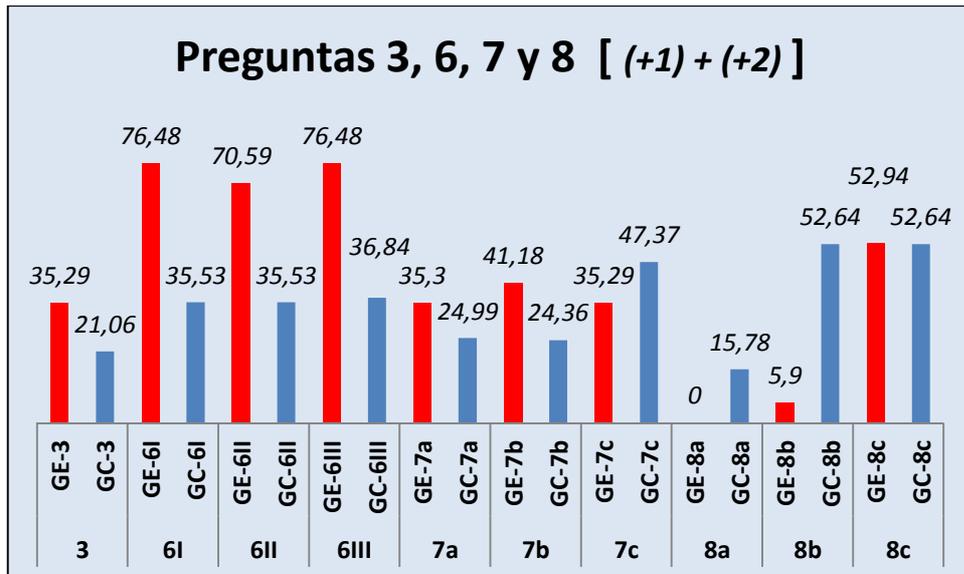
### Pregunta 8.c

Grupo	Diferencia: Postest – Pretest (%)							
	-2	-1	0 (1)	0 (2)	0 (3)	+1	+2	(+1) + (+2)
GE	17,65	0	17,65	5,88	5,88	5,88	47,06	52,94
GC	9,21	5,26	7,89	10,53	14,47	35,53	17,11	52,64

**Tabla 5.38 – P 8.c Diferencias (postest-pretest) en GE y GC**

En la pregunta 8.c se los interroga a los alumnos para que reflexionen y respondan de manera justificada, si la aceleración del carrito en las experiencias I y II, es igual o distinta. Teniendo en cuenta únicamente los alumnos que pasan de responder “mal” o “no contestar” en el pretest, a responder bien en el postest, se observa que en el GE el 47,06% de los alumnos lo logra, a diferencia de solo el 17,11% que lo consigue en el GC.

Por último y a modo de resumen, en un mismo gráfico, se presentan de manera agrupada los porcentajes de alumnos que obtuvieron (+1) y (+2), es decir un *cambio positivo o mejoraron su respuesta*, tanto en el GE como el GC, luego de hacer la diferencia entre su respuesta del postest y la del pretest, en referencia a las preguntas 3, 6, 7 y 8. (Gráfico 5.26)



**Gráfico 5.26** – Resumen de resultados de las preguntas 3, 6, 7 y 8 para alumnos del GE y GC que mejoraron sus respuestas, al pasar de “pre” al “postest”.

Mirando con detenimiento la información del Gráfico 5.26, se puede apreciar que en las preguntas 3, 6I, 6II, 6III, 7a, 7b y 7c, hay una clara superación en sus respuestas, alcanzada por los alumnos del GE en relación al GC. En estas preguntas se interroga sobre aspectos muy directamente vinculados a lo experimentado en la PEC, y no tanto en la PET.

Por otra parte, en las preguntas 8a y 8b se invierte el resultado, siendo el GC el que mejora claramente sus respuestas con respecto al GE, y en la pregunta 8c ambos grupos muestran una evolución favorable en casi iguales porcentajes. En estas preguntas se les pide a los alumnos que relacionen tiempos, velocidades y aceleración de un cuerpo, cuando tiene que recorrer sobre un plano inclinado una cierta distancia, en comparación a cuando tiene que recorrer otra distancia que sea el doble de la anterior, siempre partiendo desde el reposo. Se supone que para elegir la opción correcta, los alumnos tenían que al menos especular o intentar realizar cálculos comparativos de tiempo y velocidad, cuestiones más relacionadas con lo trabajado en la PET que en la PEC.

## Capítulo 6: Conclusiones y Recomendaciones Finales

### 6.1 Verificación de los Supuestos de Anticipación de Sentido

A los fines de enunciar conclusiones definitivas respaldadas por el análisis estadístico, y tratando de dar respuesta a los interrogantes que guiaron la investigación, en primer lugar se procede a comparar los supuestos de anticipación de sentido propuestos en el estudio, con los resultados finalmente obtenidos.

Preguntas formuladas oportunamente:

- a) *¿Tendrán los alumnos que ingresan a estudiar las carreras de Biología y Geología de la FCEfyN de la UNC concepciones aristotélicas y pre-newtonianas, en lo que respecta al movimiento de los cuerpos y las fuerzas actuantes?*
- b) *¿Serán los trabajos prácticos de laboratorio, diseñados para reproducir algunas de las llamadas “experiencias cruciales” de la Física (“experimentos cruciales”), capaces de generar algún conflicto cognitivo en los alumnos?*
- c) *¿Podrán estos “experimentos cruciales” de la Física, constituirse en una estrategia didáctica eficaz, que favorezca el enriquecimiento conceptual en los estudiantes, en relación con el movimiento de los cuerpos y las fuerzas que sobre ellos actúan?*

Supuestos de Anticipación de sentido, planteados:

- A. *Los experimentos cruciales acerca del movimiento de los cuerpos y las fuerzas actuantes, que le permitieron al hombre de ciencia sortear sus ideas previas, provocan conflicto cognitivo en los alumnos, en su proceso de aprendizaje.*
- B. *Los Trabajos Prácticos de Laboratorio referidos al movimiento de los cuerpos y las fuerzas actuantes, que son diseñados de manera de reproducir las llamadas*

---

*experiencias cruciales de la Física, se convierten en herramientas útiles para propiciar el enriquecimiento conceptual de los alumnos.*

Ambos supuestos resultan íntimamente vinculados entre sí, puesto que la historia de la Física ofrece numerosas e importantes experiencias llevadas a cabo por científicos, que se podrían designar como *experiencias cruciales*, puesto que las conclusiones que brindaron marcaron un hito referencial en la evolución del conocimiento científico, posibilitando modificar algunos postulados vigentes, y dando lugar incluso al descubrimiento de nuevas leyes.

También se mencionó que en el ámbito del Laboratorio de Enseñanza de la Física de nivel universitario, se pueden adecuar estas experiencias cruciales llevadas a cabo por los científicos, de modo que los alumnos las desarrollen como una actividad del proceso de enseñanza y de aprendizaje, similares a las realizadas por los científicos, pero adecuadas de modo que sea posible realizarlas durante la práctica docente; y si estas prácticas se diseñan pensando en generar un conflicto cognitivo en los alumnos, para lo cual es necesario conocer sus ideas previas, podrían propiciar las condiciones necesarias para favorecer el enriquecimiento conceptual en su estructura cognitiva.

El análisis de las respuestas dadas por los alumnos al cuestionario en su instancia “pre”, fundamentalmente a las preguntas 1, 2, 4 y 5, permitió identificar en ellos la presencia de ideas aristotélicas y pre-newtonianas, en relación al movimiento de los cuerpos y las fuerzas intervinientes (ver Gráficos 5.1, 5.2, 5.4 y 5.5).

A partir de los resultados mostrados en el Capítulo 5 (Tablas 5.9, 5.10, 5.11, 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16, 5.17, 5.18 (parcial), 5.19, 5.20 y 5.21) ambos supuestos pueden darse por verificados, puesto que, en los distintos análisis realizados comparando las respuestas dadas en las instancias “pre” y “pos” a la intervención didáctica de carácter empírico, se obtuvieron *mejores resultados* en el *Grupo Experimental*, que realizó la *PEC*, en relación al Grupo Control que desarrolló la *PET*. Esto permite sostener que la “práctica experimental crucial” (la *PEC*) sirvió para generar el ansiado conflicto cognitivo, que a su vez propició el enriquecimiento o evolución conceptual.

## 6.2 Conclusiones finales

Si se entiende a la “enseñanza para un cambio conceptual” como un proceso que implica una progresiva reestructuración y evolución de los conceptos y de sus relaciones, es lógico pensar que las representaciones de los alumnos se transformarán gradualmente, desde el estado en que se las identifica al comenzar a desarrollar un tema, hasta el estado en el que se las reconoce al evaluarlas al final de éste, llegando a una nueva reorganización, que a su vez, probablemente representará un nuevo paso en este lento proceso de construcción del conocimiento.

Esta perspectiva dinámica de las concepciones previas de los alumnos lleva no sólo, a necesitar reconocerlas en un primer momento, sino también a colaborar para para que el alumno vaya tomando conciencia de los cambios en su manera de entender el contenido objeto de estudio, a lo largo del proceso de aprendizaje. De esta manera, se coincide con Ausubel cuando dice: *“Si tuviese que reducir toda la psicología educacional a un solo principio, diría lo siguiente: el factor aislado más importante que influencia el aprendizaje es aquello que el aprendiz ya sabe. Averígüese esto y enséñese de acuerdo a ello”* (Ausubel, 1993).

La identificación de ideas previas de anclaje, permite trabajar sobre ellas como punto de partida para la construcción de los conceptos y modelos científicos a ser enseñados. Esto significa plantear el tema asumiendo que en las concepciones que el alumno posee, y que condicionan fuertemente su aprendizaje, existen ideas intuitivas y representaciones mentales posibles de ser enriquecidas para tratar de alcanzar modelos conceptuales científicos.

El anhelado aprendizaje significativo ocurre cuando una nueva información "se conecta" con un concepto relevante (subsursor) preexistente en la estructura cognitiva, esto implica que las nuevas ideas, conceptos y proposiciones pueden ser aprendidos significativamente en la medida en que otros conceptos o proposiciones relevantes estén adecuadamente claros y disponibles en la estructura cognitiva del individuo y que funcionen como un punto de "anclaje" o “amarre” a las primeras.

A manera de ejemplo, en el campo de la Física, si los conceptos de *función posición*, *función velocidad*, *función aceleración* y *movimiento armónico simple (MAS)* ya existen en la estructura cognitiva del alumno, estos servirán de subsensores, de anclaje para nuevos conocimientos referidos a *ondas*, tales como *ondas viajeras* y *estacionarias en una cuerda tensa*.

Para modificar las ideas previas de los alumnos es necesario ante todo que sean conscientes de que las tienen, es decir, que puedan explicitarlas y convertirlas en objeto de conocimiento y reflexión. En general, las concepciones de los alumnos se caracterizan por su difícil acceso a la conciencia. Favorecer este paso por las sucesivas fases que supone el proceso de explicitación a través de la toma de conciencia, debe ser uno de los objetivos principales de la enseñanza.

Es decir, no se trata pues tan sólo de que el docente conozca las ideas previas de sus alumnos para que las tenga en cuenta como punto de partida, sino que es preciso que sea el propio estudiante el que vaya haciéndose consciente de sus conocimientos para poder ir contrastándolas con las teorías científicas que se le presentan.

Las dificultades de aprendizaje causadas por el razonamiento del “sentido común” pueden ser superadas realizando cambios metodológicos, siendo esta una estrategia que consecuentemente permitirá al estudiante construir conocimientos científicos, favoreciendo en gran manera la evolución conceptual. Esto se puede lograr recurriendo a la práctica experimental y haciendo que el estudiante desarrolle, acompañado por el docente, aspectos esenciales de la metodología científica, como por ejemplo: *plantearse y precisar situaciones problemáticas*, *plantear hipótesis*, *realizar diseños experimentales*, *analizar resultados*, *emitir juicios de valor*, etc. Para el aprendizaje de conceptos científicos, es evidentemente necesario un cambio que incluya no solo lo conceptual, sino también lo procedimental y lo actitudinal, y esto se puede lograr indudablemente recurriendo a la práctica experimental. Casualmente, la PEC resultó una práctica experimental diseñada para intentar que el alumno pueda desarrollar los aspectos enunciados, como esenciales de la metodología científica.

Uno de los primeros objetivos de enseñar ciencias es que los estudiantes cambien sus explicaciones cotidianas, que en algunas ocasiones pueden resultar erróneas, por explicaciones cada vez más próximas a las científicas, más organizadas, más predictivas, y que les resulten más apropiadas que las que ya poseen. Si los nuevos contenidos que el docente se propone enseñar no afectan las ideas previas que el estudiante tiene acerca de un problema, lo más factible es que el alumno los ignore o los aísle en sí mismos, y seguramente acuda a la memoria reproductiva para intentar aprenderlos.

La práctica experimental es una de las herramientas didácticas más distintiva de la educación científica, que tiene gran relevancia en el proceso de formación, cualquiera sea la orientación profesional y el área de especialización del estudiante.

El trabajo de laboratorio, dentro de la enseñanza de la Física, resulta un camino ideal para motivar a los estudiantes, generar actitudes y hábitos que predispongan al uso del pensamiento crítico. En el laboratorio se puede conocer al estudiante de manera integral, es decir identificar sus conocimientos, sus actitudes y apreciar su desenvolvimiento. En la relación docente - alumno que se entabla en el laboratorio, el docente debe lograr en los alumnos un alto grado de comprensión, a través de una actividad propuesta que resulte deliberativa, reflexiva y cooperativa.

Cabe aclarar que, la enseñanza tradicional del laboratorio a través de prácticas tipo “recetas de cocina” ha conducido a una comprensión inadecuada de la naturaleza de la ciencia, debido a que se basan en una concepción empírico-inductivista del método científico, y en consecuencia se desarrollan como un proceso de pasos casi mecánicos de la actividad científica: observación, recolección de datos, hipótesis, experimentación, verificación, y conocimiento objetivo. Esto difiere del pensamiento científico, entendido como la habilidad para resolver problemas, comprender los métodos experimentales, organizar e interpretar datos, vislumbrar la relación entre datos y solución del problema, planificar experimentos para contrastar una hipótesis y realizar generalizaciones.

En esta investigación, se trató de desafiar intelectualmente a los estudiantes planteando una situación experimental (la PEC) en la que los modelos mentales

existentes produjeran conclusiones fallidas, enfrentadas y contrarias a las evidencias experimentales de la práctica, incitando de esta forma a que los alumnos tomaran conciencia de la contradicción surgida y trataran de remediarla.

Esta práctica “desafiante” (la PEC) generó un conflicto cognitivo de carácter “empírico” que, en términos piagetianos, provocó un “desequilibrio” de las teorías del alumno al enfrentarlas con datos experimentales y entrar en contradicción. Desde esta perspectiva, el rol del docente es facilitar al alumno experiencias de conflicto que le hagan reflexionar y reestructurar sus concepciones. Pero también es cierto decir que, para que el conflicto propicie un enriquecimiento conceptual sostenido, es preciso que no se trate de una actividad aislada, sino por el contrario que sea reiterado y que se compruebe en situaciones variadas.

Esta manera de entender el conflicto por parte de las teorías de enseñanza por cambio conceptual supone una superación clara de las posiciones de aprendizaje por descubrimiento en las que la resolución del conflicto, es decir la reequilibración, se espera que sea alcanzada casi exclusivamente por el propio alumno.

Este tipo de actividad didáctica (la PEC), especialmente diseñada, ayuda al desarrollo del aprendizaje sustentable, aquel en el que la información recibida puede ser apropiada correctamente como nuevo conocimiento, enriqueciendo la estructura cognitiva previamente existente y haciendo que estos nuevos conocimientos puedan actuar como conocimientos previos para próximos saberes. La evolución conceptual puede ocurrir cuando se logra generar en el alumno un conflicto cognitivo, y no es correcto pensar que basta con la sola presentación por parte del docente de nueva información, para que el alumno decida descartar sus ideas y significaciones previas, cambiándolas por lo nuevo de manera radical.

En términos generales, apreciando los resultados que arroja el análisis estadístico, que surge de comparar las respuestas dadas por los alumnos en el postest y el pretest, mediando entre ambas instancias la instrucción teórica, la referida a la resolución de problemas y fundamentalmente la práctica experimental de laboratorio (donde se incluye la PEC), podemos afirmar que se lograron resultados con *mejoras significativas* a favor de los alumnos del GE, asociados al uso de la PEC.

Es indudable, que los cambios observados en las respuestas dadas por los alumnos entre el pretest y el postest, tienen que estar influenciados por las vivencias experimentadas por ellos al realizar las respectivas prácticas: PET en el GC y PEC en el GE.

En el caso de la PEC, se estudia el movimiento de cuerpos sobre un plano inclinado, para lo cual se repite el experimento para distintos ángulos de la pista y para distintas masas de los cuerpos en caída.

El alumno, al enfrentar la PEC y experimentar con distintos planos inclinados, distintos cuerpos, realizar mediciones, registrar y analizar datos, necesariamente debió transitar por un conflicto conceptual, al ver que surgieron discrepancias entre sus ideas previas “no científicas” y las evidencias que proveía el trabajo experimental con sus resultados. Además, luego de la experiencia “áulica”, los alumnos tuvieron que confeccionar un informe final de la práctica, y para ello analizaron y relacionaron los datos recogidos, reflexionaron sobre el resultado de la experiencia y sobre las relaciones funcionales entre las variables (tiempo, masa, ángulo) trabajadas, de manera que pudieron contrastar el resultado alcanzado, con el pensamiento Aristotélico y Galileano; actividades que en definitiva fomentaron que pudieran intentar modificar sus ideas previas y lograr una evolución o enriquecimiento conceptual.

En síntesis, la PEC, proponiéndoles a los alumnos que registren tiempos y midan distancias para cuerpos de distintas masas que podían caer por planos inclinados de distintas pendientes, les generó a ellos un conflicto cognitivo al ver que los resultados que proveía la experimentación eran contrarios (en algunos casos) a sus ideas previas. Es razonable pensar que fue este conflicto el que, reflexión mediante, propició el enriquecimiento o evolución conceptual evidenciado en las respuestas que se obtuvieron en el postest.

Otro aspecto a tener en cuenta, es que en el desarrollo de la unidad “cinemática” de los programas de Física I en las carreras de Biología y Geología, la parte experimental no alcanza al 25 % del total de acciones didácticas desarrolladas. Por otro lado la PEC, propone un formato de trabajo experimental (planteo de

hipótesis, análisis de variables, búsqueda de relaciones entre variables, discusión de los resultados del experimento, valoración de los resultados, propuesta de juicios de valor, etc.) que pone en juego además contenidos procedimentales y actitudinales, que según Pozo y Gómez Crespo (1998), necesitan de un trabajo continuo y permanente, a lo largo de todo un curso (los procedimentales) y en algunos casos a lo largo de varios cursos o de todo un plan de estudios (los actitudinales).

En función de lo señalado en el párrafo anterior, debiéramos situar a la PEC, en el conjunto de prácticas experimentales que se desarrollan en el curso (alrededor de 12 entre prácticas de laboratorios y equipos de demostración que se utilizan en clases teóricas) para tener una idea de su “peso” (una en doce) en el conjunto de acciones didácticas desarrolladas, y esto disminuiría fuertemente el 25 % mencionado anteriormente, en el conjunto total de acciones.

El hecho de haber planteado una intervención didáctica consistente en una única práctica experimental “crucial” (PEC), especialmente diseñada para propiciar un conflicto cognitivo, y haber obtenido resultados significativamente favorables hacia el enriquecimiento conceptual, deja abierta la puerta a pensar que si se piensan y proyectan un conjunto de prácticas experimentales dentro de un programa de actividades, que apunten decididamente a generar una resignificación conceptual, mejores serían aún los beneficios a obtener en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Para terminar, no podemos dejar pasar por alto el resultado que nos indica que en algunas preguntas, la comparación entre postest y pretest, arroja un predominio del “no cambio”, es decir alumnos que mantuvieron la misma respuesta errónea en ambas instancias [columna del 0(1): *preguntas 3 (GC), 6.1 (GC), 6.2 (GC), 8.a (GE) y (GC), 8.b (GE)*].

Esto nos lleva a coincidir con conclusiones de investigaciones previas, que dan cuenta de la persistencia de las ideas previas “erróneas”, y la dificultad de lograr el cambio conceptual y aprendizaje significativo por medio de una única acción didáctica (Carretero, 1993) por más “crucial” que sea el conflicto cognitivo

propuesto, y la necesidad de pensar en mudar hacia modelos de desarrollo/enriquecimiento/evolución conceptual, en los cuales el proceso de aprendizaje sea considerado como un continuo que va desde un estado de organización conceptual hasta otro de mayor jerarquía, teniendo muy presente que una nueva concepción no necesariamente reemplaza ideas previas y alternativas Moreira y Greca (2003).

### 6.3 Algunas recomendaciones finales

El desarrollo de la investigación y sus resultados, obligan a repensar la práctica docente y fomentar cambios. A continuación, se indican algunas propuestas:

- La necesidad de sustituir definitivamente el concepto de “cambio conceptual” por el de “evolución conceptual” o “enriquecimiento conceptual”, propuesto por Moreira y Greca (2003). Ello supondrá valorar con solvencia las experiencias y saberes previos de los alumnos, los procesos cognitivos y filosóficos de la ciencia, además, de los elementos socio-culturales y lingüísticos, lo que hará del proceso de enseñanza - aprendizaje de las ciencias, algo integral.
- Apoyar un cambio en la práctica docente en el laboratorio, que implique esfuerzos orientados a nuevas experiencias en las que se necesite ajustar recursos, contenidos didácticos y actitudes para darle a las prácticas experimentales el lugar que reclaman hoy, en el aprendizaje de la ciencia.
- Los resultados de este trabajo muestran que es posible mejorar la enseñanza de la Física recurriendo al uso de prácticas de laboratorio que estén diseñadas tratando de generar un conflicto cognitivo en el alumno. De allí la importancia de crear una secuencia didáctica cuyo hilo conductor sean las situaciones experimentales “problemáticas” a las que se tenga que enfrentar el alumno.

- Los docentes deben diseñar prácticas de laboratorio que permitan a los estudiantes ser sujetos “activos” en sus propios procesos y estrategias de aprendizaje, ya que el accionar del estudiante se define como una variable relevante en la evolución conceptual.
- El objetivo de la enseñanza no se debe centrar únicamente en la adquisición de conceptos, ya que los estudiantes deben aprender procedimientos y ámbitos de aplicación, además de la información misma. En este sentido, los alumnos deben saber cómo aplicar el conocimiento que poseen, en qué contexto, y qué cambios pueden realizar sobre los procesos y conceptos que han operacionalizado. El asunto no radica sólo en saber o saber hacer. Hay que generar en los alumnos la capacidad para aplicar ese saber a nuevos entornos, modificarlo, reconstruirlo, crear a partir de él un nuevo saber hacer. Esa sería la flexibilidad básica que demandan al hombre de hoy las condiciones cambiantes de su entorno vital.
- Los docentes deben tener en cuenta las ideas previas de los estudiantes como punto referencial, tanto para la planificación de actividades didácticas de aprendizaje como en el desarrollo del tipo de evaluación. Se deben desarrollar técnicas de evaluación que le permitan al docente indagar el grado de evolución conceptual alcanzado por el estudiante, luego de la intervención didáctica. Esto conduce a propiciar nuevas líneas de investigación, fundamentalmente centradas en el docente, que intenten dar respuesta a preguntas como: *¿De qué forma toman en cuenta los docentes las ideas previas de sus alumnos?, ¿Qué seguimiento les dan?, ¿Cómo las utilizan para el diseño de sus acciones didácticas en el aula?, ¿Qué implicaciones tienen para sus procesos de evaluación?, ¿Tienen los estudiantes, en algún momento, conciencia de sus ideas previas?*
- Basado en los resultados de la presente investigación se sugieren las siguientes acciones a desarrollar:
  - Implementar cursos y talleres dirigidos a los docentes de Física en el ámbito universitario, sobre las nuevas tendencias de enseñanza y

aprendizaje en los tópicos de las ideas previas, conflicto cognitivo y evolución conceptual.

- Propiciar investigaciones educativas sobre ideas previas y evolución conceptual en otros niveles de la educación (enseñanza media o secundaria), que permitan generar propuestas de estrategias para mudar o provocar una evolución científica de las mismas.
  
- Complementar esta investigación con estudios “longitudinales”, que permitan hacer un seguimiento del grupo de alumnos, para determinar la persistencia o evolución de las ideas previas. Para los estudiantes de carreras de las Escuelas de Biología y Geología de la FCEFyN de la UNC, se podría pensar en un programa de acciones para trabajar con ellos y hacer el seguimiento, mientras cursan Física I y Física II, materias correlativas y consecutivas.

### Referencias Bibliográficas

- Arias, F. (2004). *El Proyecto de Investigación: introducción a la metodología de la investigación*. Caracas: Existeme.
- Alonso, M., & Finn, E. J. (1986). *Física Vol. 1 Mecánica*. Wilmington, Delaware, EUA, Addison Wesley Iberoamericana, pags, 8, 183.
- Ausubel, D. P. N., Hanesian, J. D., Ausubel, H. D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1997). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo* (No. 370.15). Trillas.
- Bandiera J., Dupre F., Ianniello M. G., Vicentini Missoni M. (1995). *Una investigación sobre habilidades para el aprendizaje científico*. Enseñanza de las Ciencias, V. 13 n. 1 (1995) p. 46-54, ISSN 0212-4521
- Barberá, O. y Valdés, P. (1996) *El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión*. Enseñanza de las Ciencias, Vol. 14, Nº 3; pp. 365-379.
- Barbosa, Luis H. (2008), *Los Experimentos Discrepantes en el aprendizaje activo de la Física*, Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 2, No. 3.
- Barker, V. (2000). *Beyond appearances: students misconceptions about basic chemical ideas*. Report for the Royal Society of Chemistry.
- Bello, S. (2004). *Ideas previas y cambio conceptual*. Educación Química, 15(3), 210-217.
- Bello, S. y Valdez, S. (2003). "Las ideas previas en la enseñanza y aprendizaje de la Química". Taller T-20 realizado en las III Jornadas Internacionales y VI Nacionales de Enseñanza Universitaria de la Química, La Plata, Argentina.
- Brincones, M. I. (1994). *La Construcción del Conocimiento. Aplicaciones para la Enseñanza de la Física*. Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid. 132p.
- Brousseau, G. (1983). *Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques*, Recherches en Didactique des Mathématiques, Vol. 4, No. 2, pp. 165-198

- Campanario, J. M., & Otero, J. C. (2000). *Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje*. Enseñanza de las Ciencias, 18(2), 155-169.
- Campelo, A. J. R. (2003). Un modelo didáctico para enseñanza aprendizaje de la física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(1), 86-104.
- Capuano, V.; Follari, B.; Perrotta, M.; Dima, G.; Gutiérrez, E. y de la Fuente, A. (2001b). *La validez de un modelo en una experiencia integradora*. Memorias del Encuentro Nacional de Profesores de Física. Córdoba. pp. 129-139.
- Capuano, V. y Martín, J. (2001). *La Calidad de una Medición y los instrumentos utilizados*. Memorias de la Duodécima Reunión Nacional de Educación en la Física. Buenos Aires. Trabajo Nº 55.
- Capuano, V. y Martín, J. (2003). *El Anemómetro de Copas y un modelo sencillo para el aula*. Memorias de la XIII Reunión Nacional de Educación en la Física. Trabajo 104. I.S.B.N. 987-1003-15-3. Río Cuarto (Cba.). Páginas: 7.
- Capuano, V.; Dima, G.; Follari, B.; de la Fuente, A.; Perrotta, T. y Gutiérrez, E. (1999). *Determinación del diámetro de los hilos y su separación, en una tela de Serigrafía*. Memoria de la XI Reunión Nacional de Educación en la Física. pp. 250-256.
- Capuano, V.; Follari, B.; Dima, G.; de la Fuente, A.; Gutiérrez, E. y Perrotta, M. (2001a). *Los Experimentos Cruciales en la Enseñanza de la Física y el espejo de Lloyd*. Memorias del Encuentro Nacional de Profesores de Física. Córdoba. pp. 119-127.
- Caravita, S. y Halldén, O. (1994). *Reframing the problem of conceptual change*, Learning and Instruction, 4, 89-111.
- Carey, S. (1986). *Cognitiv escience and science education*. American Psychologist, 41(10), 1123.
- Carrascosa Alís, J. (2005). *El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte II). El cambio de concepciones alternativas*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, Vol. 2, Nº 3, pp. 388-402.
- Carrascosa Alís, J. (2006). *El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte III). Utilización didáctica de los errores conceptuales que aparecen en cómics*,

- prensa, novelas y libros de texto*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 3(1), pp. 77-88.
- Carrascosa Alís, Jaime. (2005). *El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que la originan y/o mitigan*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, Vol. 2, Nº 2, pp 183-208.
  - Carretero, M. (1993). *Constructivismo y Educación*. Aique Didáctica. Páginas: 126.
  - Clement, J. (1982). *Students' preconceptions in introductory mechanics*. American Journal of physics, 50(1), 66-71.
  - Coll, C. (1987). *Psicología y Currículum*. Ed. Laia, Barcelona.
  - Chi, M.T.H. and Roscoe, R.D. (2003). *The process and challenges of conceptual change*. En: Limón, M. and Mason, L. (2003). *Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice*. Kluwer Academic Publishers, London, 2003. p. 3-27.
  - Dima, G. N. (2011). *Las experiencias de laboratorio como estrategia para favorecer el cambio conceptual en estudiantes de Física básica universitaria*. Revista de Enseñanza de la Física, 22(1), 73-74.
  - diSessa, A. y Sherin, B. (1998). *What changes in conceptual change?* International Journal of Science Education, 20(10), 1155-1191.
  - Driver, R. (1986). *Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos*. Enseñanza de las Ciencias, Vol 4(1), pp. 3-15.
  - Duschl, R. A., & Hamilton, R. J. (Eds.). (1992). *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. Suny Press.
  - Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., & Praia, J. (2002). *Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza*. Enseñanza de las Ciencias, 20(3), 477-488.
  - Fernández I, Gil Pérez, D., Valdés P., Vilches A. (2005). *¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos?* Publicación de OREALC/UNESCO - Santiago.

- Fernández, J. R. M. (2005). *Cambio Conceptual, Aprendizaje y Docencia Universitaria*. Revista Docencia Universitaria, 6(1).
- Festinger, L. (1957), *A theory of cognitive dissonance* (Stanford University Press., Stanford, CA)
- Feynman, R. (2001). *¿Qué es la ciencia?* Polis. Revista Latinoamericana, (1).
- Flores, F. (2004). *El cambio conceptual: interpretaciones, transformaciones y perspectivas*. Educación química, 15(3), 256-269.
- Flores. F. et al. (2002). <http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048>
- Follari, B.; Perrotta, M.; Dima, G.; Gutiérrez, E.; de laFuente, A. y Capuano, V. (2001). *Una propuesta experimental para el estudio de las cuerdas vibrantes*. Memorias de la Duodécima Reunión Nacional de Educación en la Física. Buenos Aires. Trabajo Nº 54.
- Fondère, F. y Séré, M. G. (2001). *Una sesión innovadora de trabajo de laboratorio para enseñar proceso de datos. Segundo curso de estudios de Física a nivel universitario*. Enseñanza de las Ciencias, Vol. 15, Nº 3; pp. 423-429.
- Furió, C. y Guisasola, J. (2001). *La enseñanza del concepto de campo eléctrico basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada*. Enseñanza de las Ciencias, 19(2), pp. 319-334.
- Gamboa Mora, María Cristina; (2003). La formación científica a través de la práctica de laboratorio. Umbral Científico, diciembre, 3-10.
- Gil Pérez, D y Paya, J.(1988). Los Trabajos Prácticos de Física y Química y la metodología Científica. Revista de Enseñanza de la Física, Vol.2, Nº 2; pp.73-79.
- Gil Pérez, D. y González, E. (1993). *Las Prácticas de Laboratorio de Física en la Formación del Profesorado.(1) Un Análisis crítico*. Revista de Enseñanza de la Física, 6 (1), 47-61.
- Gil Pérez, D. y González, E. (1994). *Las Prácticas de Laboratorio de Física en la Formación del Profesorado.(2) Un Análisis crítico*. Revista de Enseñanza de la Física, 7 (1), 33- 47.

- Gil Pérez, D. y Valdéz Castro, P. (1996). *La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo*. Enseñanza de las Ciencias, 14 (2), 155-163.
- Gil Pérez, D., Furió Más, C., Valdés, P., Salinas, J., Dumas Carré, A., Martínez-Torregrosa, J. & Goffard, M. (1999). *¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio?* Enseñanza de las Ciencias, 17(2), 311-320.
- Gil, D., & Beléndez, A. (1990). *La formación del profesorado universitario de materias científicas*. II Jornadas de Didáctica Universitaria.
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C., & Martínez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Institut de Fiències de l'Educació. Contémvários capítulos cominteresse para a actualizaçãõ didáctica dos professores.
- Gil, D., Pessoa, A. M., Fortuny, J. M., & Azcárate, C. (1994). *Formación del profesorado de las ciencias y la matemática: Tendencias y experiencias innovadoras*. PROA (España).
- Goldberg, F., & Bendall, S. (1995). *Making the invisible/visible: A teaching/learning environment that builds on a new view of the physics learner*. American Journal of Physics, 63(11), 978-991.
- Gómez, G. J. A. y Insausti, T. M. J. (2004). *Un modelo para la enseñanza de las ciencias: análisis de datos y resultados*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias 4, 1-20.
- González, E.M. (1994). *Las prácticas de laboratorio en la formación del profesorado de física*. Tesis doctoral. Universidad de Valencia.
- González, M. F., & Guerrero, C. R. (2004). *El inicio histórico de la ciencia del movimiento: Implicaciones epistemológicas y didácticas*. RELIME. Revista latinoamericana de investigación en matemática educativa, 7(2), 145-156.
- Guisasola Aranzabal, J., Almodí García, J. M., & Zubimendi Herranz, J. L. (2003). *Dificultades de aprendizaje de los estudiantes universitarios en la teoría del campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza*. Enseñanza de las Ciencias, 21(1), 079-94.

- Gutierrez, E., & Capuano, V. (2008). *Los “experimentos cruciales” en Física, la enseñanza de la Física y la “resignificación conceptual”*. Memorias en CD del VI CAEDI. Salta, Argentina, 17, 18 y 19 de septiembre de 2008
- Hake, R.R. (1998a) *Interactive-engagement vs. traditional methods: A six-thousand - student survey of mechanics test data for introductory physics courses*. American Journal of Physics, 66, pp. 64-74.
- Harres, J. B. S. (2005). *La física de la fuerza impresa como referente para la evolución de las ideas de los alumnos*. Enseñanza de las Ciencias, (Extra), 1-5.
- Hawkes, S. J. (1992). *Arrhenius confuses students*. J. Chem. Educ. 69(7), 542.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2003). *Metodología de la investigación*. La Habana: Editorial Félix Varela, 2.
- Hewitt, P. G. (2004). *Física Conceptual*. México.
- Kind, V. (2004). *Beyond appearances: Students’ misconceptions about basic chemical ideas*. School of Education, Durham University, UK. Retrieved Sep, 25, 2009.
- Kuhn, T. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica, México.
- López, Ma J. y Pérez, C. (2000). *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*, Cap. 4 de “Didáctica de las Ciencias Experimentales. Teoría y Práctica de la Enseñanza de las Ciencias”, Ed. Marfil SA, Alcoy, España p. 88.
- McDermott, L. C. (1997). *Bridging the gap between teaching and learning: The role of research*. AIP Conference Proceedings 399, 139-165.
- Maiztegui, A. (1991). *Problemas creados por la Ciencia y la Tecnología del siglo XX*. Boletín de la Academia Nacional de Ciencias, tomo 60, Entregas 10 y 2º. Córdoba, Argentina. pp 11-13.
- Martín, J. y Capuano, V. (2005). *La validación experimental de modelos teóricos en la enseñanza de las ciencias naturales*. Enviado a la XIV Reunión Nacional de Educación en la Física. Bariloche, octubre de 2005. Páginas: 7.

- Martínez Fernández, J. R. (2004). Concepción de aprendizaje, metacognición y cambio conceptual en estudiantes universitarios de psicología.
- Martínez, M.; Rodríguez, A.; Capuano, V. y Heinze, O. (2001). *Acercándonos al medio ambiente mediante el estudio de la Física del sistema Fluvial. Una propuesta para su Enseñanza*. Memorias del Encuentro Nacional de Profesores de Física. Córdoba. pp. 97-107.
- Mazur, E. (1997) *Peer Instruction. A User's Manual*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- McDermott, L. C. (1997). *Bridging the gap between teaching and learning: The role of research. In The changing role of physics departments in modern universities* (Vol. 399, No. 1, pp. 139-166). AIP Publishing.
- Millar R. y Driver R. (1987). *Beyond processes*, Studies in Science Education. Vol.14, pp.33-62.
- Monk, M. (1994). *Mathematics in physics education: a case of more haste less speed*. Phys. Educ. 29(4), pp. 209-211.
- Mora, C., & Herrera, D. (2013). *Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza*. Latin-American Journal of Physics Education, 3(1), 13.
- Moreira, M. A., y Greca, I. M. (2003). *Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo*. Ciência & Educação. Bauru. Vol. 9, n. 2 (2003) p. 301-315.
- Mortimer, E. F. (1995). *Conceptual change or conceptual profile change?* Science & Education, 4, 267-285.
- Mulford, D. R. and Robinson, W. R. (2002). *An inventory for alternate conceptions among first semester General Chemistry students*, Journal of Chemical Education, 79(6), 739-744, 2002.
- Novak, J. D. (1988). *El constructivismo humano: un consenso emergente*. Enseñanza de las Ciencias, 6(3), pp. 213-233.

- Nussbaum, J. & Novick, S. (1982). *Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: Toward a principled teaching strategy*, *Instructional Science*, 11, 183-208.
- Piaget, J. (1978). *La equilibración de las estructuras cognitivas: problema central del desarrollo* (No. 155.413 PIAe).
- Posner, George J., Strike, Kenneth A., Hewson, Peter W. and Gertzog, William A. (1982). *Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change*, *Science Educ.*, 66(2), 211-227.
- Pozo Cisternas, J. (1999). *Educación Científica (Prólogo)*. Servicio Publicaciones Universidad Alcalá. España. 250p.
- Pozo, J. I. (2002). *La adquisición del conocimiento científico como un proceso de cambio representacional*. *Investigações em Ensino de Ciências – V7 (3)*, pp. 245-270, 2002.
- Pozo, J. I. et al. (1992). *Las ideas de los alumnos sobre ciencia como teorías implícitas*. *Infancia y Aprendizaje*, Madrid, n. 62/63, p. 187-204.
- Pozo, J. y Gómez Crespo, M. (1998). *Aprender y Enseñar Ciencia*. Editorial Morata, Madrid, 331p.
- Resnick, L. B. (1983). *Mathematics and science learning: a new conception*. *Science*, 220, pp. 477-478.
- Rivero, H. (1999). *¿Quiero mejorar mi clase de Física? Sócrates y el arte de pensar*. La Habana: Ed. Academia.
- Salinas de Sandoval, J. (1994). *Estrategias educativas para la enseñanza de la física en ciclos básicos de carreras científico-tecnológicas. Las prácticas de física básica en laboratorios universitarios*. Tesis doctoral. Universidad de Valencia.
- Salinas, J. (1996a). *Manifestación de razonamientos "ad hoc" en estudiantes de ingeniería*. *Revista de Enseñanza de la Física*, 9 (2), 25-32.
- Salinas, J. y Cudmani, L. (1992). *Los Laboratorios de Física de Ciclos Básicos Universitarios, instrumentados como procesos productivos de investigación dirigida*. *Revista de Enseñanza de la Física*. Vol. 5 Nº 2. pp. 10-17.

- Sánchez Ron, J. M. (1988). *Usos y abusos de la Historia de la Física en la enseñanza*. Enseñanza de las Ciencias, 6(2), 179-188.
- Sandoval, J. (1996). *Las prácticas de Física básica en laboratorios universitarios*. Revista de Enseñanza de la Física, Vol. Extraordinario; pp. 5-8.
- Santilli, H. y Aveleyra, E. (1995). *Modelos de los estudiantes versus modelos científicos*. Memorias REF IX, pp. 121-130. Salta. Argentina.
- Sautu, R., Boniolo, P., Dalle, P., & Elbert, R. (2005). *Manual de metodología: construcción del marco teórico, formulación de los objetivos y elección de la metodología*. Clacso.
- Sebastiá, J. (1987). *¿Qué se pretende en los Laboratorios de Física Universitaria?* Enseñanza de las Ciencias. Vol. 5 Nº 3. España. pp. 196-204.
- Sebastià, J. M. (1984). *Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes*. Enseñanza de las Ciencias, 2(3), 161-169.
- Solbes, J. (2009a). *Dificultades de aprendizaje y cambio conceptual, procedimental y axiológico (I): resumen del camino avanzado*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias - 2009, 6(1) pp. 2-20
- Solbes, J. (2009b). *Dificultades de aprendizaje y cambio conceptual, procedimental y axiológico (II): nuevas perspectivas*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 6(2), pp. 190-212
- Strike, K. y Posner, G. (1985). *A conceptual change view of learning and understanding*. En: West, L. & Pines, L. (eds). *Cognitive structure and conceptual change*. Academic Press, p. 211-231.
- Taber, K. (2001). *Shifting sands: a case study of conceptual development as competition between alter- native conceptions*, International Journal of Science Education, 23 (7), 731-753.
- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2005). *Física para la ciencia y la tecnología* (Vol. 2). Reverté.
- Tricárico, H. (1985). *Física ¿Enseñanza experimental?* Revista de Enseñanza de la Física. Vol. 1 – Nº 1. Junio 1985. pp. 26-29.

- Villani, A. y Orquiza de Carvalho, L. (1995). *Conflictos cognitivos, experimentos cualitativos y actividades didácticas*. Enseñanza de las Ciencias, Vol. 13, Nº 3; pp. 279-294.
- Vosniadou, S. (1994). *Capturing and modeling the process of conceptual change*, Learning and Instruction, 4, 45-69.

**ANEXOS**

**Anexo 1: Cuestionario**



*“Experimentos cruciales de laboratorio y enriquecimiento conceptual en el aprendizaje de la Física”.*

Apellido y Nombre: .....

Carrera: .....

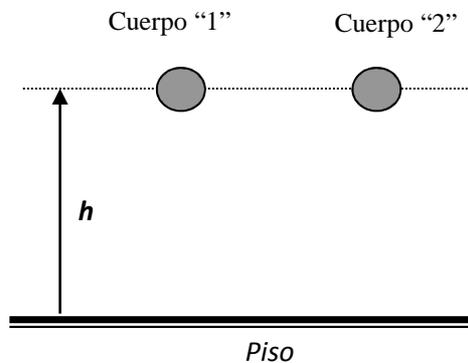
Docente de clases prácticas: .....

**CUESTIONARIO**

*En las preguntas con opciones, indique con una “X” dentro del cuadrado, la/s afirmación/es con las cuales acuerde.*

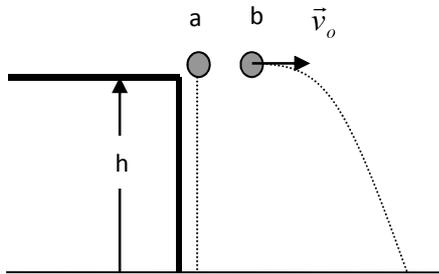
1. Se sueltan, simultáneamente y desde una misma altura “h”, dos objetos designados como cuerpo “1” y cuerpo “2” de pesos  $P_1$  y  $P_2$ , respectivamente. Suponiendo despreciable el rozamiento de los cuerpos con el aire, indique con una “X” la/s afirmación/es con las que está de acuerdo:

- Los cuerpos 1 y 2 llegarán juntos al suelo, solamente si tienen el mismo tamaño y si  $P_1 = P_2$ .*
- Llegaría primero al suelo el cuerpo de menor tamaño, independientemente de sus pesos.*
- Llegaría primero al suelo el cuerpo de mayor peso, independientemente de sus tamaños.*
- Los cuerpos 1 y 2 llegarían simultáneamente al suelo, independientemente de sus pesos y sus tamaños.*



2. Si se lanzan simultáneamente dos objetos, de igual peso y desde una misma altura “h”, de tal modo que el primero (cuerpo “a”) cae libremente en dirección vertical

(partiendo desde el reposo), en tanto que el segundo (cuerpo “b”) tiene una velocidad inicial  $\vec{v}_o$  paralela al suelo horizontal ¿Cuál llegará antes al suelo? Explique.



.....

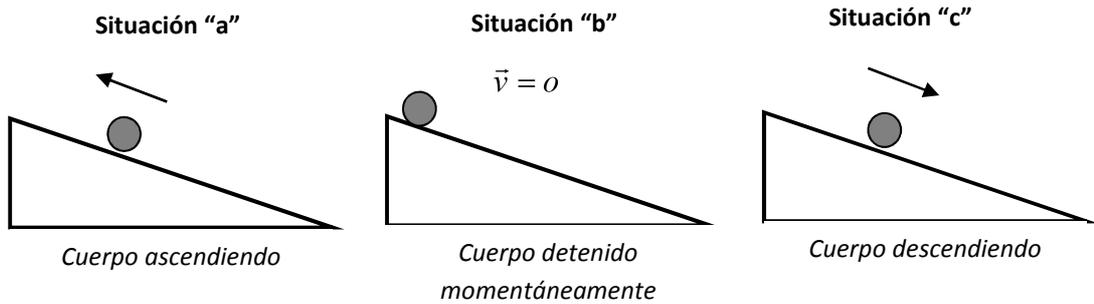
.....

.....

.....

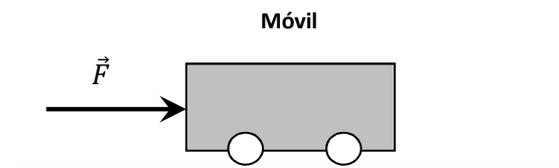
.....

3. Dibujar en los siguientes esquemas, las fuerzas que actúan sobre un cuerpo de masa “m”, que se mueve sobre un plano inclinado. El cuerpo asciende en la situación “a”, llega a su posición de altura máxima en la situación “b” y está descendiendo en la situación “C”.



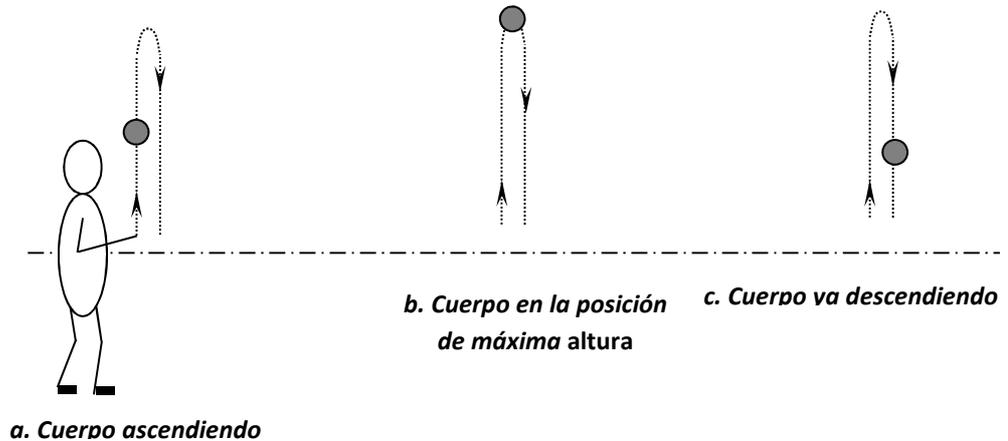
4. La siguiente figura muestra un móvil que se desplaza sobre una superficie horizontal y se supone despreciable todo tipo de rozamiento con el piso y con el aire. Si la fuerza  $\vec{F}$  que actúa sobre el cuerpo se anula súbitamente, entonces se cumple que: (marque con una “X” lo que crea que ocurre)

- El móvil se detiene.
- El móvil se detiene durante un corto intervalo de tiempo, y luego retoma el movimiento.
- El móvil cambia la dirección del movimiento que traía.
- El móvil continúa moviéndose a velocidad constante.
- El móvil modifica su velocidad en una forma desconocida.



5. Dibujar, en los siguientes esquemas, las fuerzas que actúan sobre un cuerpo de masa “m”, que se mueve en el vacío según una trayectoria vertical. El cuerpo

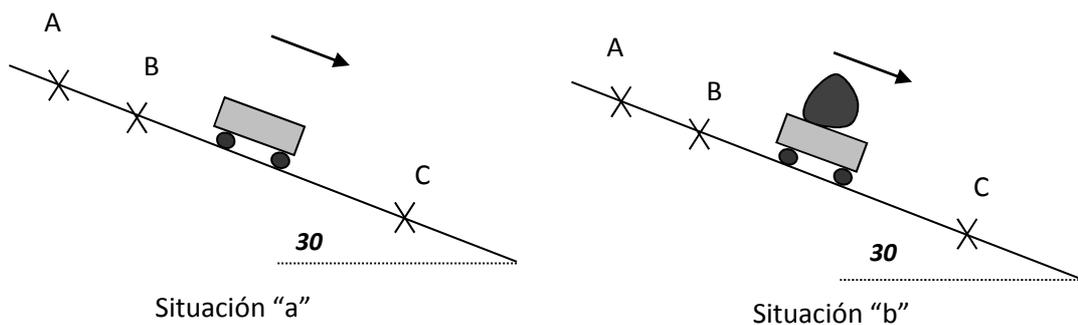
asciende en la situación “a”, alcanza su altura máxima en la situación “b” y está descendiendo en la situación “c”.



6. Se tiene un plano inclinado (pista) que forma un ángulo de  $30^\circ$  con respecto a una dirección horizontal, y en él se ha determinado, a través de una medición, que la distancia entre “B” y “C” es de  $2m$ . Se supone despreciable todo tipo de rozamiento entre el carrito y la pista, como así también con el aire. En estas condiciones vamos a plantear dos situaciones:

*Situación “a”:* un carrito de  $300g$  de masa, parte desde el reposo en la posición indicada A, y recorre toda la pista.

*Situación “b”:* al mismo carrito de  $300g$  de masa, se le agrega una carga adicional de  $500g$ , y partiendo desde el reposo en la posición A, recorre toda la pista.

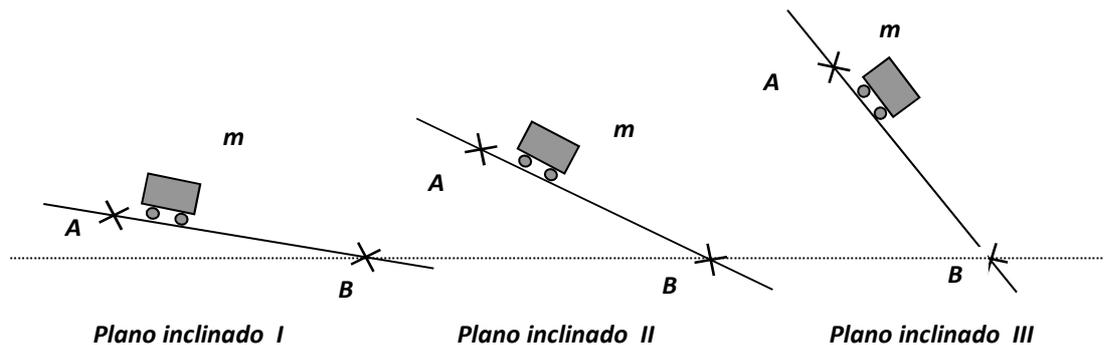


Responda las siguientes preguntas:

- IV. ¿En cuál de las situaciones planteadas, el carrito demora más tiempo en recorrer el tramo BC? Justifique.  
 ¿En cuál de las situaciones planteadas, el carrito adquiere mayor velocidad al pasar por la posición C? Justifique

V. ¿Qué puede decir acerca de la aceleración que experimenta el carrito, en cada una de las situaciones? ¿Serán iguales? ¿Serán distintas? Explique

7. La siguiente figura muestra tres *planos inclinados*, formando distintos ángulos con respecto a la dirección horizontal. En los tres casos la distancia entre las posiciones indicadas como “A” y “B” es la misma y, partiendo del reposo en la posición “A”, un carrito de masa “m” recorre la mencionada distancia **AB**. Vamos a suponer despreciable todo tipo de rozamiento del carrito, con el plano inclinado y con el aire.

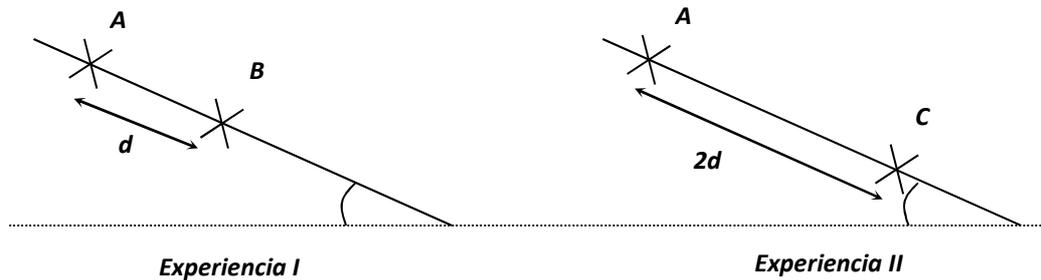


Responda las siguientes preguntas:

- d. ¿En cuál de los casos, el carrito demora menor cantidad de tiempo en recorrer la distancia **AB**? Explique.
  - e. ¿En cuál de los casos, el carrito alcanza la posición **B** con mayor velocidad? Explique.
  - f. La aceleración del carrito, ¿es la misma en todos casos o distinta? Explique.
8. Se dispone de un carrito de masa “m” y una pista inclinada, que forma un ángulo  $\alpha$  con una dirección horizontal. En la pista se han realizado marcas designadas como **A**, **B** y **C**, de manera tal que entre **A** y **B** hay una distancia que llamamos “**d**” y entre **A** y **C**, la distancia medida es “**2d**”. Con este equipo, y suponiendo despreciable todo tipo de rozamiento del carrito con el aire y la pista, se realizan dos experiencias:

*Experiencia I:* desde la posición **A**, el carrito parte del reposo, recorre la distancia “**d**” hasta alcanzar la posición **B** y demora un tiempo cronometrado que llamaremos  $t_{AB}$ .

*Experiencia II:* desde la posición **A**, el carrito parte del reposo, recorre la distancia “**2d**” hasta alcanzar la posición **C** y demora un tiempo cronometrado que llamaremos  $t_{AC}$ .



Analizando las experiencias planteadas, responda las siguientes preguntas:

- d. Si se conoce que el carrito en la *Experiencia I*, al pasar por la posición **B** y después de haber recorrido una distancia “**d**”, tiene una velocidad **v**; entonces en la *Experiencia II* al pasar por la posición **C**, y luego de haber recorrido una distancia “**2d**”, su velocidad **v'** será:  $v' = 2v$  ;  $v' = \sqrt{2} \cdot v$  ;  $v' = 4v$  ; *otra respuesta*. Elija una opción y justifique esa elección.
- e. Si en la *Experiencia I*, el carrito recorre la distancia “**d**” y demora un tiempo  $t_{AB}$ , entonces en la *Experiencia II*, y luego de haber recorrido una distancia “**2d**”, se puede afirmar que:  $t_{AC} = 2 t_{AB}$  ;  $t_{AC} = \sqrt{2} t_{AB}$  ;  $t_{AC} = 4 t_{AB}$  ; *otra respuesta*. Elija una opción justifique su elección.
- f. La aceleración del carrito, en ambas experiencias, ¿es la misma ó distinta? Explique.

## **Anexo 2: Práctica Experimental Crucial (PEC)**

### **TRABAJO PRÁCTICO DE LABORATORIO (PEC)**

#### **TEMA: MOVIMIENTO DE CUERPOS EN EL PLANO INCLINADO**

##### **OBJETIVOS:**

Que el alumno logre:

- ✓ Vivenciar los aspectos más significativos de la metodología experimental y el camino de la evolución del proceder científico.
- ✓ Identificar las variables que influyen en el movimiento de cuerpos en un plano inclinado.
- ✓ Reconocer el tipo de movimiento que describe una bola al rodar por un plano inclinado.
- ✓ Adquirir habilidades prácticas para la realización de actividades de laboratorio.



#### **A. INTRODUCCIÓN**

La ley de caída de los cuerpos constituye el principal aporte de Galileo (1546-1642) en el campo de la Mecánica.

Haciendo un poco de historia y analizando la evolución del conocimiento científico en Física, podemos decir que en la antigüedad el filósofo griego Aristóteles (384 a.c. – 322 a.c.) pensaba que el movimiento de caída de los cuerpos era propio de todas las cosas pesadas y creía que cuanto más pesado era el objeto, más rápido caía: una piedra grande descendería más rápidamente que una piedra pequeña.

Más adelante Arquímedes (287 a.c. – 212 a.c.) aplicó las matemáticas a situaciones físicas, pero de carácter puramente estático, sin movimiento, un ejemplo de ello es el de la palanca en equilibrio. El problema del movimiento rápido desbordaba incluso un talento como el suyo. En los dieciocho siglos siguientes nadie desafió las ideas de Aristóteles sobre el movimiento, y la física quedó empantanada.

Hacia 1589 había terminado Galileo (1564 – 1642) su formación universitaria y era ya famoso por su labor en el campo de la mecánica. Toda su preocupación era hallar la manera de retardar la caída de los cuerpos para así poder experimentar con ellos y estudiar detenidamente su movimiento. Galileo se acordó entonces del péndulo. Al desplazar un peso suspendido de una cuerda y soltarlo, comienza a caer. La cuerda a la que está atado le impide, sin embargo, descender en línea recta, obligándole a hacerlo oblicuamente y con suficiente lentitud como para poder cronometrarlo.

Fue así que pensó en trabajar con un tablero de madera inclinado, que llevara en el centro un surco largo, recto y bien pulido. Una bola que rueda por el surco se mueve en línea recta. Y si se coloca la tabla en posición casi horizontal, las bolas rodarán muy despacio, permitiendo así estudiar su movimiento. Había surgido de esta manera el Plano Inclinado.

Galileo dejó rodar por el surco bolas de diferentes pesos y cronometró su descenso por el número de gotas de agua que caían a través de un agujero practicado en el fondo de un recipiente con agua (reloj de agua). Subdividió luego la ranura en tramos iguales mediante marcas laterales y comprobó que cualquier bola, al rodar hacia abajo, tardaba en recorrer cada tramo menos tiempo que el anterior. Estaba claro que los objetos aceleraban al caer, es decir se movían cada vez con mayor rapidez (mayor cantidad de centímetros recorridos por unidad de tiempo). También experimentó con distintas masas y con diferentes posiciones del plano inclinado, es decir, distintas inclinaciones entre éste y una superficie horizontal. En todos los casos midió los tiempos que demoraban los cuerpos en recorrer determinados espacios.

Galileo no fue el primero en experimentar, pero sus espectaculares resultados en el problema de la caída de los cuerpos ayudaron a difundir la experimentación en el mundo de la ciencia. Los científicos no se contentaban ya con razonar a partir de axiomas, sino que empezaron a diseñar experimentos y hacer medidas. Y podían utilizar los experimentos para comprobar sus inferencias y para construir nuevos razonamientos.

Luego de este relato, vemos que la práctica del *plano inclinado* está en el origen histórico de la Física experimental, pues se realiza siguiendo el procedimiento galileano y permite incorporar en la práctica docente aspectos de la evolución histórica de las teorías y las leyes. También puede aprovecharse la práctica, para introducir algunas características acerca del modo de trabajar del hombre de ciencia.

## **B. EQUIPO**

*1 pista (plano inclinado)*

*1 cinta métrica*

*1 cronómetro*

*3 bolas de acero de distintas masas:  $m_1 = 20g$  ,  $m_2 = 45g$  ,  $m_3 = 67g$*

## **C. PROCEDIMIENTO**

Algunos aspectos a tener en cuenta, cuando se miden tiempos:

Usted verá más adelante que en el desarrollo de esta práctica experimental, será necesario medir los tiempos que demora una bola en recorrer distintas distancias indicadas en la pista, partiendo desde el reposo. La medición del tiempo de caída de la bola por el plano inclinado ofrece una complejidad mayor de la que aparentemente tiene. Por empezar, el cronómetro debe ser pulsado para que arranque en el preciso instante en que la bola es dejada en libertad y comienza a moverse. Como parte del reposo, el movimiento inicial de la bola no se percibe con facilidad y en consecuencia algún indicador debe orientar al operador.

Esa dificultad planteada podría resolverse si un mismo alumno realiza toda la operación: dejar en libertad el cuerpo y operar simultáneamente el cronómetro. De esta manera, y extremando la concentración y los cuidados, es probable que ambas acciones se llevan a cabo al mismo tiempo.

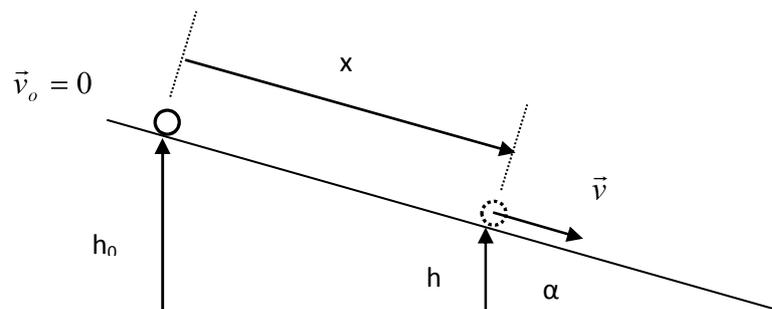
Otra fuente de error, se da al momento de interrumpir la marcha del cronómetro cuando la bola pasa por la posición indicada en la pista. En este caso, y dada la velocidad que desarrolla el cuerpo al pasar por la posición indicada, para lograr detener el cronómetro justo en coincidencia cuando la bola pasa por la posición marcada, conviene que esté perfectamente indicada dicha posición en la pista para que el operador del instrumento perciba con claridad cuando el cuerpo pasa por la misma. Igualmente, y para minimizar el error asociado a la medición de los tiempos en este punto, conviene que el alumno que opera el cronómetro esté lo más cerca posible de dicha posición y ubicado en forma perpendicular a la pista, para no introducir errores de paralaje.

### C.1. PRIMERA PARTE

Nos proponemos estudiar el movimiento de una bola de masa “ $m$ ” y radio “ $R$ ” que rueda a lo largo de un plano inclinado, despreciando todo tipo de rozamiento con el aire y con la pista.

Nos interesa investigar si el tiempo “ $t$ ” que demora la bola en recorrer cierta distancia “ $x$ ” por el plano inclinado, depende ó no de su masa “ $m$ ”. Para analizar tal situación podemos plantear lo siguiente: fijando un determinado ángulo “ $\alpha$ ” que forme la pista con la dirección horizontal, si el tiempo “ $t$ ” que demora la bola en recorrer una misma distancia depende de su masa “ $m$ ”, al cambiar la masa del cuerpo, debería cambiar el tiempo en recorrerla. También, y con el propósito de caracterizar de alguna manera el tipo de movimiento que experimenta la bola, estableceremos relaciones entre los espacios recorridos y los tiempos que tarda en recorrerlos. Esto lo haremos para distintos espacios recorridos por la bola.

1. Realice en la pista, y cerca de uno de los extremos, una marca que indicaremos como  $x_0 = 0$  cm
2. A continuación, utilizando la cinta métrica, realice sobre la pista marcas a  $x_1 = 40$  cm;  $x_2 = 80$  cm;  $x_3 = 120$  cm y  $x_4 = 160$  cm, medidas desde la posición  $x_0 = 0$  cm.
3. Disponga a la pista formando un plano inclinado, como indica el siguiente esquema. Tome para el ángulo “ $\alpha$ ” un valor aproximado a los  $5^\circ$ .



4. Tome la bola de masa  $m_1 = 20\text{g}$  y déjela caer partiendo del reposo, desde la posición  $x_0$ , y mida con el cronómetro el tiempo que tarda en alcanzar la posición  $x_1$ . A este tiempo llámelo  $t_{11}$ .
5. Repita el procedimiento anterior 7(siete) veces más, obteniendo los tiempos  $t_{12}, t_{13} \dots, t_{18}$ . Calcule el promedio aritmético de estos ocho tiempos tomados, que llamará  $\bar{t}_1^1$ .
6. Repita el procedimiento indicado en los puntos 4 y 5 para la misma bola que cae entre  $(x_0 \text{ y } x_2)$ ,  $(x_0 \text{ y } x_3)$  y  $(x_0 \text{ y } x_4)$ , obteniéndose respectivamente los valores medios  $\bar{t}_2^1, \bar{t}_3^1$  y  $\bar{t}_4^1$ .
7. Repita para el mismo ángulo  $\alpha = 5^\circ$  los pasos 4 a 6, pero ahora con la bola de masa  $m_2 = 35\text{g}$ .
8. Repita para el mismo ángulo  $\alpha = 5^\circ$  los pasos 4 a 6, pero ahora con la bola de masa  $m_3 = 50\text{g}$ .
9. Sistematice toda la información, como se indica en la Tabla I:

Espacio recorrido	$\alpha \cong 5^\circ$		
	$m_1 = 20\text{g}$	$m_2 = 45\text{g}$	$m_3 = 67\text{g}$ .
	Tiempo promedio	Tiempo promedio	Tiempo promedio
$x_1 - x_0$	$\bar{t}_1^1$	$\bar{t}_1^2$	$\bar{t}_1^3$
$x_2 - x_0$	$\bar{t}_2^1$	$\bar{t}_2^2$	$\bar{t}_2^3$
$x_3 - x_0$	$\bar{t}_3^1$	$\bar{t}_3^2$	$\bar{t}_3^3$
$x_4 - x_0$	$\bar{t}_4^1$	$\bar{t}_4^2$	$\bar{t}_4^3$

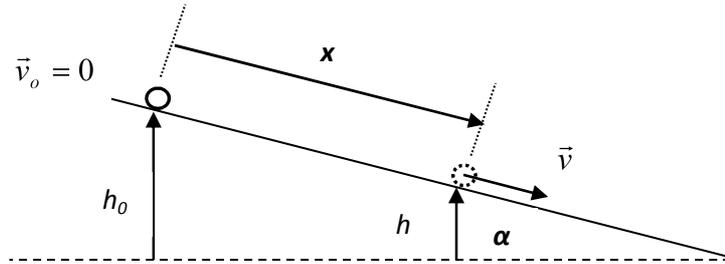
**Tabla I**

10. Eligiendo una escala de dibujo adecuada, represente gráficamente en un sistema de ejes  $(\bar{t}, x)$  los pares obtenidos para cada una de las masas.
11. El conjunto de datos experimentales (para una misma masa) sugiere una “curva”. Esa curva será la representación gráfica de la ley que gobierna la experiencia. Dibuje la curva que mejor se ajuste al conjunto de puntos representados gráficamente, para cada una de las masas trabajadas.

## C.2. SEGUNDA PARTE

Ahora, nos interesa investigar si el tiempo “ $t$ ” que demora la bola en recorrer cierta distancia “ $x$ ” por el plano inclinado, depende ó no del ángulo “ $\alpha$ ” que forma dicho plano con la horizontal. Para analizar tal relación podemos plantear lo siguiente: para una bola de masa “ $m$ ”, si el tiempo “ $t$ ” que demora en recorrer una misma distancia “ $x$ ” depende del ángulo “ $\alpha$ ”, al cambiar el ángulo, debería cambiar el tiempo que demora en recorrerla.

1. Elija para trabajar la bola de masa  $m = 45\text{g}$ .
2. Disponga a la pista formando un plano inclinado, como indica el siguiente esquema. Tome para el ángulo “ $\alpha$ ” un valor aproximado a los  $3^\circ$ . A este ángulo llámelo  $\alpha_1$ .



3. Tome la bola de masa  $m = 45\text{g}$  y déjela caer partiendo del reposo, desde la posición  $x_0$ , y mida con el cronómetro el tiempo que tarda en alcanzar la posición  $x_1$ . A este tiempo llámelo  $t_{11}$ .
4. Repita el procedimiento anterior 7(siete) veces más, obteniendo los tiempos  $t_{12}$ ,  $t_{13}$ , ...,  $t_{18}$ . Calcule el promedio aritmético de estos ocho tiempos medidos, que llamará  $\bar{t}_1^1$ .
5. Repita el procedimiento indicado en los puntos 3 y 4 para la misma bola que cae entre  $(x_0$  y  $x_2)$ ,  $(x_0$  y  $x_3)$  y  $(x_0$  y  $x_4)$ , obteniéndose respectivamente los valores medios  $\bar{t}_2^1$ ,  $\bar{t}_3^1$  y  $\bar{t}_4^1$ .
6. Repita para la misma masa  $m = 45\text{g}$  los pasos 3 a 5, pero ahora con el plano inclinado formando aproximadamente un ángulo  $\alpha_2 = 5^\circ$ .
7. Repita para la misma masa  $m = 45\text{g}$  los pasos 3 a 5, pero ahora con el plano inclinado formando aproximadamente un ángulo  $\alpha_3 = 7^\circ$ .
8. Sistematice toda la información, como se indica en la Tabla II:

Espacio recorrido	$m = 45\text{g}$		
	$\alpha_1 \cong 3^\circ$	$\alpha_2 \cong 5^\circ$	$\alpha_3 \cong 7^\circ$
	Tiempo promedio	Tiempo promedio	Tiempo promedio
$x_1 - x_0$	$\bar{t}_1^1$	$\bar{t}_1^2$	$\bar{t}_1^3$
$x_2 - x_0$	$\bar{t}_2^1$	$\bar{t}_2^2$	$\bar{t}_2^3$
$x_3 - x_0$	$\bar{t}_3^1$	$\bar{t}_3^2$	$\bar{t}_3^3$
$x_4 - x_0$	$\bar{t}_4^1$	$\bar{t}_4^2$	$\bar{t}_4^3$

Tabla II

9. Eligiendo una escala de dibujo adecuada, represente gráficamente en un sistema de ejes  $(\bar{t}, x)$  los pares obtenidos para cada uno de los ángulos.
10. Dibuje las curvas que mejor se ajusten al conjunto de puntos representados gráficamente, para cada una de los ángulos trabajados.

**D. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. CONCLUSIONES**

- a) Al apreciar atentamente los resultados obtenidos en la primera parte del trabajo práctico, en la cual para un mismo ángulo, medimos los tiempos que demoraron distintas masa en recorrer una misma distancia, **¿qué conclusiones puede sacar? Explique.**
- b) Realice un análisis crítico de los resultados experimentales obtenidos en la segunda parte del trabajo práctico de laboratorio, **¿qué conclusiones puede sacar? Explique.**

- c) *La presentación y análisis de los resultados experimentales deben considerarse como parte integral de los experimentos. Es realmente útil que los datos obtenidos se presenten en un gráfico, en el cual quede concentrada la información para su apreciación y posterior análisis. En la mayoría de los casos, un gráfico es más útil que una tabla de valores, por ejemplo, cuando interesa estudiar si dos variables mantienen una correlación (causal o no) y como es esta vinculación o grado de interdependencia. Lo importante es que la representación gráfica sirva para poder inferir las leyes subyacentes, que relacionan las variables que se estudian. En este caso, el conjunto de puntos  $(\bar{t}, x)$  obtenidos con una misma masa para distintos ángulos, sugiere a simple vista una relación “no lineal” entre las variables, puesto que los puntos no parecen alinearse según una recta. Uno puede sospechar que la “curva” obtenida es un trozo de función trigonométrica, de parábola o alguna otra función desconocida. Una relación funcional que podría vincular a las variables “x” y “t” en función de la gráfica obtenida, podría responder al tipo:*

$$x = a.t^b$$

*Esta forma funcional potencial es muy común en las ciencias, puesto que sirve como aproximación del comportamiento en una gran variedad de casos. La constante b suele llamarse “exponente de escala”, y define la escala de variación de x según varía t; esto es, si t se multiplica “n” veces por si misma, x asumirá un valor que resulta ser directamente proporcional a t<sup>n</sup>. El significado físico de la constante “a” es el de representar el valor que toma x cuando t asume un valor unitario. La dimensión de “a” es tal que da homogeneidad dimensional a la ecuación.*

*En estos casos, a los fines de averiguar la relación que se entabla entre las variables “x” y “t”, planteamos la siguiente relación: x versus t<sup>2</sup>.*

*En consecuencia complete la siguiente Tabla III, trabajando para el ángulo  $\alpha = 5^\circ$  y  $m = 45\text{g}$ :*

$\alpha = 5^\circ$ ; $m = 45\text{ g}$		
<i>Espacio recorrido</i>	<i>Tiempo promedio</i>	<i>Tiempo promedio al cuadrado</i>
$x_1 - x_0$	$\bar{t}_1$	$(\bar{t}_1)^2$
$x_2 - x_0$	$\bar{t}_2$	$(\bar{t}_2)^2$
$x_3 - x_0$	$\bar{t}_3$	$(\bar{t}_3)^2$
$x_4 - x_0$	$\bar{t}_4$	$(\bar{t}_4)^2$

**Tabla III**

*Eligiendo una escala de dibujo adecuada, represente gráficamente en un sistema de ejes  $(\bar{t})^2, x$  los pares obtenidos. ¿Qué tipo de gráfica se obtiene? ¿Qué conclusión puede sacar con respecto al movimiento que describe la bola al rodar por el plano inclinado? ¿Qué juicio de valor puede enunciar?*

**D. BIBLIOGRAFÍA**

- Alonso, M. – Finn, E., 1995. *Física*. Addison – Wesley Iberoamericana.
- Cromer, A., 1978. *Física para las Ciencias de la Vida*. Editorial Reverté. Páginas: 541
- Gil, Salvador – Rodriguez, Eduardo, 2001. *Física re-Creativa. Experimentos de Física usando nuevas tecnologías*; 1ª Ed. – Buenos Aires: Prentice Hall.
- Hecht, E., 1998. *Física y (Álgebra y Trigonometría), Tomo I*. Editorial Thomson. México. Páginas: 735.
- Hewitt, Paul G., 1999. *Física Conceptual*. Addison Wesley Longman, México - Tercera Edición.
- Jou, D.; Llebot, J. y García, C., 1995. *Física para las Ciencias de la Vida*. Editorial Mc Graw Hill, Madrid, España. Páginas 526.
- Kane, J. y Sternheim, M., 1998. *Física*. Editorial Reverté, Segunda Edición. Páginas: 795.
- MacDonald, S. y Burns, D., 1975. *Física para las Ciencias de la Vida y de la Salud*. Editorial Fondo Educativo Interamericano. Páginas, 589.
- Maiztegui, A. y Gleiser, R., 1985. *Introducción a las Mediciones en el Laboratorio*. Editorial Kapelusz. Buenos Aires, Argentina. Páginas 101.
- Reese, Ronald Lane; *Física Universitaria (Volumen I)*; Editorial Thomson.
- Serway, Raymond A., *Física (Tomo I)*, Mc. Graw Hill, Cuarta Edición.
- Tipler, Paul A. – Mosca, Gene; *Física para la Ciencia y la Tecnología, Volumen 1*- Editorial Reverte – Edición 5.
- Young – Freedman – Sears – Zemansky, 2009. *Física Universitaria (Volumen I)* - Pearson Educación – México - Decimosegunda Edición.

---

**Anexo 3: Práctica Experimental Tradicional (PET)**

---

**TRABAJO PRÁCTICO DE LABORATORIO (PET)****1. TEMA: "EL MOVIMIENTO DE LOS CUERPOS"****2. OBJETIVOS****2.a Objetivos generales.** Que el alumno logre:

- Medir la aceleración de un cuerpo que cae por un plano inclinado.
- Encontrar una relación entre dicha aceleración y la inclinación del plano.
- Aplicar la "teoría de errores" a las mediciones que se lleven a cabo durante la práctica experimental.
- Analizar críticamente la experiencia.

**2.b Objetivos particulares****2.b.1 Asociados a Contenidos Conceptuales.** Que el alumno logre:

- Identificar las variables cinemáticas involucradas en el movimiento de un cuerpo en un plano inclinado.
- Introducir al alumno en el trabajo experimental, utilizando el método científico.
- Resignificar a través de la práctica experimental, las leyes de la cinemática.
- Conceptuar las ideas de apreciación y estimación de un instrumento y de una medición.

**2.b.2 Asociados a Contenidos Procedimentales.** Que el alumno logre:

- Llevar a cabo un adecuado montaje de los elementos que conforman el equipo experimental.
- Utilizar adecuadamente los instrumentos involucrados en la práctica experimental y percibir los errores asociados a las mediciones que se ponen de manifiesto.
- Estimar previamente los errores asociados a la medición.
- Sistematizar en una tabla los valores obtenidos.
- Representar gráficamente, teniendo en cuenta las barras de error, los valores obtenidos en las mediciones.
- Mejore se capacidad para realizar informes de experiencias.

**2.b.3 Asociados a Contenidos Actitudinales.** Que el alumno logre:

- Mejorar la confianza en su propia habilidad para utilizar los instrumentos.
- Incrementar su cooperación con el trabajo del docente, ejercitando una mayor autonomía durante el desarrollo del trabajo práctico.
- Aceptar con absoluta honestidad los errores que aparecen en el trabajo.
- Valorar la importancia del trabajo en equipo.
- Valorar las relaciones entre los conceptos estudiados en el trabajo práctico y la vida diaria.

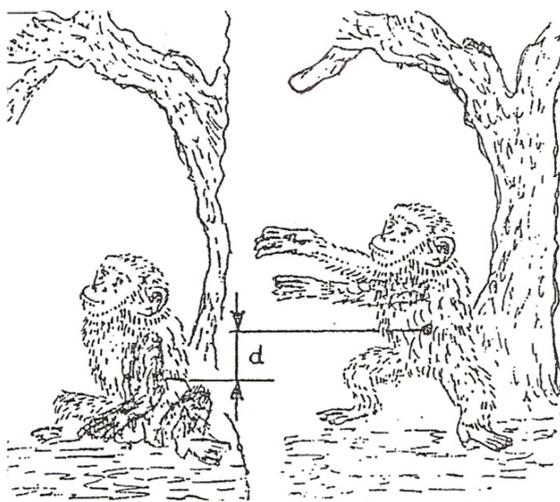
### 3. CONSIDERACIONES TEÓRICAS

El estudio del movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV), puede ser útil para analizar las posibilidades de salto de distintos animales. La tabla que sigue muestra las distancias de aceleración "d" y las alturas verticales "h" para distintos seres vivos.

Ser Vivo	Distancia de Aceleración "d"[m]	Altura Vertical "h"[m]
<i>Seres humanos</i>	0,5	1,0
<i>Canguro</i>	1,0	2,7
<i>Lemur (mono)</i>	0,16	2,2
<i>Rana</i>	0,09	0,3
<i>Langosta</i>	0,03	0,3
<i>Pulga</i>	0,000 8	0,1

Los animales saltan doblando las piernas y extendiéndolas rápidamente. Considerando que al extender las piernas la aceleración es constante, pueden utilizarse para el despegue, las ecuaciones del MRUV. Generalmente, la distancia de aceleración es algo más corta que las piernas del animal.

Una vez en el aire, sólo actúa sobre el animal la aceleración de la gravedad "g", por lo cual, también pueden usarse para esta etapa del movimiento, las fórmulas del MRUV.



#### 3.1 Galileo y el MRUV

Un cuerpo que se desliza sobre un plano inclinado, sometido solamente a la aceleración de la gravedad, experimenta una aceleración que responde a la expresión:

$$a = g \operatorname{sen} \alpha \quad (1)$$

donde "g" es la aceleración de la gravedad y "α" el ángulo que forma el plano inclinado con la horizontal. Esta expresión fue deducida experimentalmente por Galileo y luego se confirmó totalmente con las formulaciones de Newton.

En su caída el cuerpo se mueve con aceleración constante (una determinada aceleración para cada ángulo α) por lo tanto son aplicables las fórmulas del MRUV. Para medir la aceleración que experimenta el cuerpo entre los puntos "x<sub>0</sub>" y "x<sub>1</sub>", se puede utilizar la función posición:

$$x = x_0 + v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a(t - t_0)^2 \quad (2)$$

en la cual " $x_0$ " es la posición y " $v_0$ " la velocidad que el cuerpo posee en el instante de tiempo  $t_0 = 0s$ . Suponiendo que parte del estado de reposo ( $v_0=0$ ) en  $t_0 = 0s$ , y que llamamos " $t_1$ " al instante de tiempo en el cuál el móvil pasa por " $x_1$ ", la expresión (2) se transforma en:

$$x_1 = x_0 + \frac{1}{2}a(t_1 - t_0)^2$$

y para la aceleración se obtiene:

$$a = \frac{2(x_1 - x_0)}{(t_1 - t_0)^2} \quad (3)$$

expresión que nos permite calcular experimentalmente la aceleración " $a$ " del carrito para cada ángulo " $\alpha$ " del plano inclinado.

La aplicación de la teoría de propagación de las incertezas a la expresión (3) arroja como resultado

$$\frac{\Delta a}{a} = \frac{2 \Delta x}{(x_1 - x_0)} + \frac{4 \Delta t}{(t_1 - t_0)} \quad (4)$$

donde se ha considerado  $\Delta x_1 = \Delta x_0 = \Delta x$  y  $\Delta t_1 = \Delta t_0 = \Delta t$ .

#### 4. EQUIPO

- 1 pista (plano inclinado)
- 1 cinta métrica
- 1 cronómetro
- 1 carrito
- 1 plomada

#### 5. DISCUSIÓN SOBRE LA MEDICIÓN DE LOS TIEMPOS

La medición del tiempo de caída del carrito ofrece una complejidad mayor de la que aparentemente tiene. Por ese motivo a continuación presentaremos algunos aspectos de la complejidad mencionada, para que usted decida sobre cómo realizará la medición.

**Arranque del cronómetro.** El instrumento debe ser pulsado para que arranque en el preciso momento en que el carrito es dejado en libertad y comienza a moverse. El movimiento inicial del carrito y en razón de que parte del reposo, no se percibe con facilidad y en consecuencia algún indicador debe orientar al operador. Resumiendo y como primera conclusión, podríamos decir que introduce demasiado error que un

alumno suelte el carrito y que otro alumno pulse el cronómetro en el momento que observa que comienza a moverse.

Otra posibilidad es que un alumno suelte el carrito y al mismo tiempo señale con su voz que otro alumno debe iniciar la cuenta de los tiempos. También en este caso hasta que el segundo alumno reacciona pueden pasar unas décimas de segundo no deseables en la medición de los tiempos. Podemos pensar que la señal de la voz y la puesta en libertad del carrito se producen "casi" al mismo tiempo, no ocurriendo lo mismo con la operación de arranque del cronómetro.

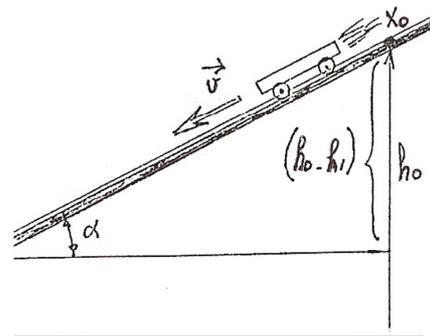
La dificultad planteada en el punto anterior, podría resolverse si un tercer alumno indica la puesta en marcha de la experiencia y dos alumnos distintos operan, uno sobre el carrito dejándolo en libertad y otro sobre el cronómetro arrancándolo.

Finalmente si un mismo alumno realiza toda la operación (dejar en libertad el carrito y opera simultáneamente el cronómetro) es probable que ambas acciones se lleven a cabo al mismo tiempo.

**Detención del cronómetro.** En este caso y dada la velocidad que desarrolla el carrito en el tramo final de la pista, conviene que esté perfectamente indicada dicha posición para que el operador del cronómetro perciba con claridad cuándo el carrito pasa por la misma. Igualmente y para minimizar el error asociado a la medición de los tiempos en este punto, conviene que el alumno que opera el cronómetro esté lo más cerca posible de dicha posición y ubicado en forma perpendicular a la pista, para no introducir errores de paralaje.

## 6. PROCEDIMIENTO

1. Disponga el equipo como indica la figura. Tome para el ángulo " $\alpha$ " un valor aproximado a los  $5^\circ$ . A este valor del ángulo llámelo " $\alpha_0$ ".
2. Indique sobre el plano inclinado las posiciones " $x_0$ " y " $x_1$ " (próximas a los extremos de la pista).
3. Mida la distancia  $(x_1 - x_0)$ .
4. Mida las alturas " $h_1$ " y " $h_0$ ". Asegúrese de trabajar en la dirección vertical, utilizando la plomada.



El valor de  $h_1$  está ciertamente algo indefinido ya que se debe medir en relación con algún plano horizontal de referencia. Por ese motivo, el error asociado a su medición, puede ser algo mayor que el milímetro que podríamos asociarle, si es que estamos midiendo esa altura con una regla milimetrada.

5. Calcule:

$$\text{sen } \alpha = \frac{(h_0 - h_1)}{(x_1 - x_0)} \quad (5)$$

6. Deje caer el carrito desde " $x_0$ ", partiendo del reposo, y mida el tiempo que tarda en recorrer la distancia  $(x_1 - x_0)$ .
7. Calcule el valor experimental para la aceleración que sufre el carrito ( $a_{01}$ ) y su error asociado  $\Delta a_0$ . Recuerde que  $\Delta a_0$  es el error que usted estima para el conjunto de mediciones de aceleración.
8. Analice la expresión que utilizó para calcular  $\Delta a_0$  e indique que cantidad debería medir con mayor cuidado, para mejorar la calidad de la medición de  $a_{01}$ .
9. Repita el paso 6 varias (N) veces y asiente los valores  $(t_1 - t_0)$  obtenidos en cada caso, en una tabla como la indicada.

Me di cio nes	$(x_1 - x_0)$				
	$(h_0 - h_1) =$ $\text{sen } \alpha_0 =$ $\alpha_0 =$			$(h_0 - h_1) =$ $\text{sen } \alpha_M =$ $\alpha_M =$	
	$(t_1 - t_0);$ [s]	$a_0; [m/s^2]$		$(t_1 - t_0);$ [s]	$a_M; [m/s^2]$
<b>1</b> <b>2</b> <b>·</b> <b>N</b>					
	$\bar{a}_0 =$ $\sigma_{a0} =$ $E_{a0} =$ $\bar{a}_0 \pm E_{a0} =$			$\bar{a}_M =$ $\sigma_{aM} =$ $E_{aM} =$ $\bar{a}_M \pm E_{aM} =$	

10. Calcule el valor experimental de aceleración correspondiente a cada valor  $(t_1 - t_0)$ . Así habrá obtenido los siguientes valores de aceleración:  $a_{01}, a_{02}, a_{03}, \dots, a_{0N}$ .
11. Determine el valor promedio  $\bar{a}_0$ , de la aceleración medida para el ángulo  $\alpha_0$ . Calcule los errores medio cuadrático de las lecturas  $\sigma_{a_0}$  y medio cuadrático de los promedios  $E_{a_0}$ , asociados a  $\bar{a}_0$ . Escriba correctamente  $(\bar{a}_0 \pm E_{a_0})$ .
12. Compare el valor del error que proporciona la teoría previa de las incertezas ( $\Delta a_0$ ) como probable error asociado a la medición, con el error que efectivamente ocurre ( $E_{a0}$ ) durante el proceso de medición. Interprete el resultado de esta comparación, y si lo considera necesario, consulte con su profesor.
13. Repita el procedimiento anterior (puntos 4 al 12) para por lo menos 6 ángulos distintos ( $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_M$ ). En todos los casos sistematice los valores medidos y calculados en una tabla como la indicada.
14. Represente gráficamente en un sistema de ejes  $(\text{sen } \alpha, \bar{a})$  los pares de

valores obtenidos para cada ángulo  $\alpha$ . Asocie como "barra de error" a cada aceleración  $\bar{a}_i$ , su error medio cuadrático de los promedios  $E_{ai}$  y a cada valor de  $\text{sen } \alpha$  el valor que surge al aplicar la teoría de propagación de las incertezas a la expresión (5).

15. Dibuje la curva que mejor se ajuste al conjunto de puntos representados gráficamente.

**7. PREGUNTAS Y CONCLUSIONES** (*el informe debe incluir las respuestas a las preguntas y las conclusiones*).

- Analice críticamente su representación gráfica ¿Se verifica la expresión  $a=g \cdot \text{Sen} \alpha$ ? Fundamente su respuesta.*
- En la representación gráfica, ¿cuál es el significado físico de la pendiente de la curva?*
- Explique la razón por la cual elige un sistema de ejes ( $\text{sen } \alpha, a$ ) en lugar de  $(\alpha, a)$  o  $(\cos \alpha, a)$ .*
- Enumere al menos tres ventajas percibidas durante el desarrollo del experimento, al trabajar conjuntamente con sus compañeros de grupo.*
- Discuta con sus compañeros y agregue un comentario en el informe, sobre los beneficios que el conocimiento de las leyes comprobadas, supone para la vida en sociedad (por ejemplo, el plano inclinado en el diseño de carreteras, calles, rampas para personas con capacidades diferentes, etc.).*

**8. BIBLIOGRAFÍA**

- Alonso, M. – Finn, E., 1995. *Física*. Addison – Wesley Iberoamericana.
- Cromer, A., 1978. *Física para las Ciencias de la Vida*. Editorial Reverté. Páginas: 541
- Gil, Salvador – Rodriguez, Eduardo, 2001. *Física re-Creativa. Experimentos de Física usando nuevas tecnologías*; 1ª Ed. – Buenos Aires: Prentice Hall.
- Hecht, E., 1998. *Física y (Álgebra y Trigonometría), Tomo I*. Editorial Thomson. México. Páginas: 735.
- Hewitt, Paul G., 1999. *Física Conceptual*. Addison Wesley Longman, México - Tercera Edición.
- Jou, D.; Llebot, J. y García, C., 1995. *Física para las Ciencias de la Vida*. Editorial Mc Graw Hill, Madrid, España. Páginas 526.
- Kane, J. y Sternheim, M., 1998. *Física*. Editorial Reverté, Segunda Edición. Páginas: 795.
- MacDonald, S. y Burns, D., 1975. *Física para las Ciencias de la Vida y de la Salud*. Editorial Fondo Educativo Interamericano. Páginas, 589.
- Maiztegui, A. y Gleiser, R., 1985. *Introducción a las Mediciones en el Laboratorio*. Editorial Kapelusz. Buenos Aires, Argentina. Páginas 101.
- Reese, Ronald Lane; *Física Universitaria (Volumen I)*; Editorial Thomson.
- Serway, Raymond A., *Física (Tomo I)*, Mc. Graw Hill, Cuarta Edición.
- Tipler, Paul A. – Mosca, Gene; *Física para la Ciencia y la Tecnología, Volumen 1*- Editorial Reverte – Edición 5.
- Young – Freedman – Sears – Zemansky, 2009. *Física Universitaria (Volumen I)* - Pearson Educación – México - Decimosegunda Edición.

**Anexo 4: Programa de Física I (Ciencias Geológicas)**

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA</b> Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales República Argentina	Programa de:  <h1 style="text-align: center;">FÍSICA I</h1>	
Carrera: <i>Geología</i> Escuela: <i>Geología</i> . Departamento: <i>Física</i>	Plan: 2012 Carga Horaria: 120 Semestre: <i>Segundo</i> Carácter: <i>Obligatoria</i> Bloque: C B	Puntos: Hs. Semanales: 4 Año: <i>Primero</i>
<p><b>Objetivos:</b> <i>Proporcionar a los alumnos una formación conceptual y de aplicación básica, que les resulte de utilidad, en un futuro mediano, para interpretar correctamente aquellos fenómenos físicos relacionados con la Tierra y los procesos geológicos.</i></p>		
<p><b>Programa Sintético:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Introducción al estudio de la Física.</i></li> <li>2. <i>Estática</i></li> <li>3. <i>Cinemática. Traslación y Rotación.</i></li> <li>4. <i>Dinámica. Traslación y Rotación.</i></li> <li>5. <i>Dinámica de Movimientos Especiales.</i></li> <li>6. <i>Gravitación Universal.</i></li> <li>7. <i>Propiedades Físicas de los Materiales. Elasticidad</i></li> <li>8. <i>Mecánica de los fluidos. Hidrostática e hidrodinámica.</i></li> <li>9. <i>Termometría.</i></li> <li>10. <i>Calorimetría.</i></li> <li>11. <i>Gases.</i></li> <li>12. <i>Termodinámica.</i></li> </ol>		
<p>Programa Analítico: de foja 2 a foja 7.</p>		
<p>Programa Combinado de Examen (si corresponde): <b>No</b>.</p>		
<p>Bibliografía: foja 9.</p>		
<p>Correlativas <i>Matemática (Ciclo de Nivelación)</i>          Obligatorias:</p>		
<p>Rige: .....</p>		
<p>Aprobado HCD, Res.: <span style="float: right;">Modificado / Anulado / Sust. HCD Res.:</span>          Fecha: <span style="float: right;">Fecha:</span></p>		
<p>El Secretario Académico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (UNC) certifica que el programa está aprobado por el (los) número(s) y fecha(s) que anteceden.          Córdoba,     /     /</p>		
<p>Carece de validez sin la certificación de la Secretaría Académica:</p>		

## PROGRAMA ANALITICO

### LINEAMIENTOS GENERALES

La Física es una ciencia fundamental que nos permite, básicamente, comprender los fenómenos naturales que ocurren en nuestro universo. Esto lo logra a través del desarrollo de teorías físicas basadas en leyes fundamentales, que permiten predecir los resultados de algunos experimentos. Los alumnos de la carrera de Geología deben estudiar Física porque ésta es la ciencia que procura descubrir esas leyes que rigen el comportamiento del mundo natural, e interpretar sus manifestaciones, por lo tanto resulta importante para la comprensión de los fenómenos geológicos.

### METODOLOGIA DE ENSEÑANZA

Se imparten semanalmente clases Teórico-Prácticas. Las actividades teóricas se realizan a través de exposiciones dialogadas del docente con los alumnos, explicando conceptualmente los principios y leyes que rigen los fenómenos físicos, desde un enfoque experimental y fundamentalmente aplicado al campo de la Geología. Las actividades prácticas consisten en la resolución de ejercicios y problemas, el desarrollo de Trabajos Prácticos de Laboratorio (T.P. de L.), y la confección y presentación de los respectivos informes de las experiencias prácticas realizadas.

### EVALUACION

**Exámenes Parciales Prácticos:** se tomarán 2 (dos) evaluaciones parciales obligatorias y 1(uno) evaluación parcial de recuperación. En ellas el alumno tendrá que resolver situaciones problemáticas de características similares a las trabajadas en clase, y también deberá responder preguntas referidas a los trabajos prácticos de laboratorios desarrollados.

**Exámenes Parciales Teóricos (Coloquios):** se tomarán 2 (dos) coloquios teóricos y 1(uno) coloquio recuperador. En cada uno de ellos los alumnos tendrán que exponer, desde un enfoque teórico con su correspondiente aplicación práctica, tres temas propuestos por el docente, de manera similar a lo planteado y desarrollado en las correspondientes clases teóricas.

#### **Alumno Regular:**

Los alumnos adquirirán la condición de alumno Regular si cumplimentan:

Haber regularizado "Matemática" (Ciclo de Nivelación).

Asistir por lo menos al 80% de las clases teórico - prácticas.

Haber realizado y aprobado todos los Informe de T.P. de L.

Aprobar con nota mayor o igual a 4 (cuatro) los 2 (dos) exámenes parciales prácticos, pudiendo recuperar sólo uno de ellos, por inasistencia justificada ó aplazo (nota inferior a 4).

La condición de alumno Regular tendrá validez según el plazo que fije la F.C.E.F. y N. para las asignaturas de la carrera de Geología, y se dejará constancia de ello en la Libreta de alumno, con la firma del docente autorizado.

**Alumno libre:**

El alumno que no cumplimente todos los requisitos exigidos para adquirir la condición de alumno Regular, quedará en condición de alumno Libre.

**RÉGIMEN DE PROMOCIÓN DE TRABAJOS PRÁCTICOS CON EXAMEN FINAL TEÓRICO**

Para acceder a este régimen, el alumno deberá cumplimentar los siguientes requisitos:

Haber regularizado “Matemática” (Ciclo de Nivelación).

Asistir por lo menos al 80% de las clases teórico - prácticas.

Realizar y aprobar todos los Informe de T.P. de L.

Aprobar con nota mayor o igual a 4 (cuatro) los 2 (dos) exámenes parciales prácticos, pudiendo recuperar sólo uno de ellos, por inasistencia justificada o aplazo (nota inferior a 4).

El promedio de las notas de los 2(dos) exámenes parciales prácticos deberá ser igual o mayor a 7 (siete). Se podrá recuperar un solo examen parcial práctico, aquel en el cual el alumno haya obtenido una nota inferior a 4 (cuatro) o al cual no haya podido asistir (inasistencia justificada). La nota obtenida en el examen parcial “recuperador”, reemplazará al aplazo o inasistencia que dio origen a dicha recuperación. También, aquel alumno que hubiera aprobado los 2(dos) exámenes parciales prácticos, pero su promedio resultara inferior a 7 (siete), podrá recuperar el parcial de nota más baja y en ese caso, la nota del recuperatorio reemplaza a esta última.

Se dejará constancia fehaciente de la Regularidad y Promoción de Trabajos Prácticos alcanzada, en la correspondiente hoja de la Libreta, con la firma del docente autorizado.

El plazo de vigencia de la Promoción de Trabajos Prácticos será de 1(un) año a partir de la finalización del cursado de la materia.

**RÉGIMEN DE PROMOCIÓN TOTAL SIN EXAMEN FINAL**

Para acceder a este régimen, el alumno deberá cumplimentar los siguientes requisitos:

Haber regularizado “Matemática” (Ciclo de Nivelación).

Asistir por lo menos al 80% de las clases teórico - prácticas.

Realizar y aprobar todos los Informe de T.P. de L.

Aprobar con nota mayor o igual a 4 (cuatro) los 2 (dos) exámenes parciales prácticos, pudiendo recuperar sólo uno de ellos, por inasistencia justificada o aplazo (nota inferior a 4). El promedio de las notas de los 2(dos) exámenes parciales prácticos deberá ser igual o mayor a 7 (siete). Se podrá recuperar un solo examen parcial práctico, en el cual el alumno haya obtenido una nota inferior a 4 (cuatro) o al cual no haya podido asistir (inasistencia justificada). La nota obtenida en el examen práctico recuperador, reemplaza al aplazo o inasistencia que dio origen a dicha recuperación. Aquel alumno que hubiera aprobado los 2(dos) exámenes parciales prácticos, pero su promedio fuera inferior a 7 (siete), podrá recuperar aquel parcial de nota más baja y en ese caso la nota del recuperatorio reemplaza a esta última.

Aprobar con nota mayor o igual a 4 (cuatro) los 2 (dos) exámenes parciales teóricos, pudiendo recuperar sólo uno de ellos, por inasistencia justificada o aplazo (nota inferior a 4).

El promedio de las notas de los 2(dos) coloquios deberá ser igual o mayor a 7 (siete). Se podrá recuperar un solo examen parcial teórico, en el cual el alumno haya obtenido una nota inferior a 4 (cuatro) o al cual no haya podido asistir (inasistencia justificada). La nota obtenida en el examen teórico recuperador, reemplazará al aplazo o inasistencia que dio origen a dicha recuperación. Aquel alumno que hubiera aprobado los 2(dos) coloquios, pero su promedio fuera inferior a 7 (siete), podrá recuperar aquel examen parcial teórico de nota más baja y en ese caso la nota del recuperatorio reemplaza a esta última.

Se dejará constancia fehaciente de la Regularidad y Promoción de Trabajos Prácticos alcanzada, en la correspondiente hoja de la Libreta del alumno.

El plazo de vigencia de la Promoción Total será de 1(un) año a partir de la fecha de finalización del cursado de la materia.

La nota final que obtiene el alumno que alcanza la Promoción Total, resultará de promediar las 4(cuatro) notas definitivas obtenidas: 2 (dos) de los parciales prácticos y 2 (dos) de los coloquios.

El alumno deberá inscribirse en alguna de las fechas de exámenes finales de Física I (Cs. Geológicas) para ser incluido en el Acta de Examen, y presentarse ante el Tribunal examinador, quien asentará en la Libreta del alumno y en el acta correspondiente, la nota final obtenida.

### **EXAMEN FINAL**

**Para Alumnos Regulares:** los alumnos que hayan cumplimentado con los requisitos de regularización de la materia, deberán presentarse con su Libreta de alumno al Examen Final de la materia. Dicho examen consistirá en:

Primera parte: examen práctico, de resolución de problemas.

Segunda parte: examen teórico, consistente en desarrollar y defender temas contenidos en el programa de la materia, a solicitud del docente. Es condición para rendir el examen teórico, haber aprobado previamente el examen práctico. Para aprobar la materia, el alumno Regular deberá rendir satisfactoriamente ambas partes del Examen Final. Si el alumno no aprobara el examen práctico, no podrá rendir el examen teórico. La aprobación de la materia quedará registrada en la Libreta de alumno, como así también en el Acta de Examen correspondiente, con una sola nota final.

**Para Alumnos Regulares, que promocionaron los Trabajos Prácticos:** los alumnos que hayan regularizado y promocionado los trabajos prácticos, deberán presentarse con la Libreta de alumno al Examen Final de la materia. Dicho examen consistirá en:

Examen Teórico, consistente en desarrollar y defender temas contenidos en el programa de la materia, a solicitud del docente.

Para aprobar la materia, el alumno deberá rendir satisfactoriamente la parte teórica del Examen Final. La aprobación de la materia quedará registrada en la Libreta de alumno y en el Acta de Examen, con una nota final.

**Para Alumnos Libres:** los alumnos Libres deberán tener aprobada Matemática I y presentarse con la Libreta de alumno al Examen Final, que constará de dos partes y en el siguiente orden:

Primera parte: examen Práctico de resolución de problemas y desarrollo de un Trabajo Práctico de Laboratorio, indicado por el docente.

Segunda parte: habiendo aprobado el examen práctico, pasará al examen teórico, consistente en desarrollar y defender temas contenidos en el programa de la materia, a solicitud del docente.

Es condición necesaria para acceder a rendir el examen teórico, haber aprobado previamente el examen práctico. Para aprobar la materia, el alumno Libre deberá rendir satisfactoriamente ambas partes del Examen Final. La aprobación de la materia quedará registrada en la Libreta de alumno y en el Acta de Examen, con una sola nota final.

## CONTENIDOS TEMATICOS

### Unidad 1. Introducción al estudio de la Física.

1.1.Objeto de la Física. Física y Geología. 1.2.La Tierra y nuestra Galaxia. 1.3.El método científico. 1.4.Física Experimental. División de la Física. 1.5.Unidades y medidas. 1.6.Magnitudes Escalares y vectoriales. 1.7.Teoría de errores.

### Unidad 2. Estática.

2.1.Mecánica. Conceptos fundamentales. División de la mecánica. 2.2.Fuerza. Unidades. Composición y descomposición. 2.3. Componentes ortogonales. 2.4. Momento de una fuerza. 2.5.Teorema de Varignon. Aplicación. 2.6.Cupla o Torque. 2.7.Centro de Gravedad. 2.8.Condiciones de equilibrio. 2.9.Rozamiento por deslizamiento. Rozamiento por rodadura. 2.10. Plano inclinado.

### Unidad 3. Cinemática.

3.1. Movimiento de la partícula. Clasificación. Sistemas de referencia. 3.2. Velocidad y Aceleración, media e instantánea. 3.3. Movimiento en una sola dimensión. Rectilíneo uniforme y uniformemente variado. 3.4. Movimiento en dos dimensiones. Movimiento curvilíneo. 3.5. Movimiento angular uniforme y uniformemente variado. 3.6.Movimiento circular uniforme y uniformemente variado. 3.7. Tiro Oblicuo. 3.8. Movimiento armónico simple. Ecuaciones y gráficos. 3.9. Composición de movimientos armónicos. 3.10. Movimientos relativos. 3.11. Aceleración de Coriolis. 3.12. Transformaciones de Galileo de coordenadas y de velocidad. 3.13. Transformaciones de Lorenz.

### Unidad 4. Dinámica de las Traslaciones.

4.1. Leyes de la dinámica. 4.2. Trabajo. Definición. Unidades. 4.3.Trabajo de una fuerza constante. 4.4.Trabajo de una fuerza variable. 4.5.Trabajo de una cupla. 4.6.Trabajo realizado en un campo gravitatorio. 4.7. Teorema del Trabajo y la Energía. 4.8. Energía. Conceptos. Unidades. Energía potencial y cinética. 4.9.Energía potencial gravitatoria. Energía potencial elástica. 4.10.Conservación de la energía mecánica. 4.11.Potencia. Unidades. 4.12.Impulso y Cantidad de Movimiento lineal. 4.13.Conservación de la Cantidad de Movimiento lineal. 4.14.Choques. Elásticos. Inelásticos. Coeficiente de restitución. Péndulo balístico.

### Unidad 5. Dinámica de las Rotaciones.

5.1.Leyes. 5.2.Rotación de un cuerpo alrededor de un eje fijo. Energía cinética de rotación. 5.3.Momento de Inercia. 5.4.Teorema de Steiner. 5.5.Segunda Ley de Newton aplicada a la rotación. 5.6.Impulso y Cantidad de movimiento angular. 5.7.Teorema de la Conservación de la Cantidad de Movimiento Angular. 5.8.Velocidad Areolar. 5.9.Efecto giroscópico. Precesión. Velocidad de precesión. 5.10.Precesión de los equinoccios. 5.11.Nutación.

### Unidad 6. Dinámica de Movimientos especiales.

6.1.Péndulo Simple. 6.2.Péndulo físico. 6.3.Péndulo Cónico. 6.4.Péndulo de Torsión. 6.5.Líquidos en rotación. 6.6.Fuerza de Coriolis. 6.7.Formación de vientos y ciclones.

### **Unidad 7. Gravitación universal.**

7.1.Ley de Gravitación Universal. 7.2.Balanza de Cavendish. 7.3.Masa y densidad de la Tierra. 7.4.Leyes de Kepler. 7.5.Campo gravitacional terrestre. Intensidad de Campo. 7.6.Energía potencial gravitacional. 7.7.Potencial gravitatorio. Líneas equipotenciales. 7.8.Satélites. Velocidad orbital. 7.9.Velocidad de escape.

### **Unidad 8. Propiedades Físicas de los materiales. Elasticidad.**

8.1.Sólido deformable. Tensiones y deformaciones. 8.2.Deformaciones elásticas. Ley de Hooke. 8.3.Módulos de Elasticidad y de Poisson. 8.4.Módulo de elasticidad de suelos. 8.5.Módulos de torsión y de corte. Fatiga. 8.6.Resistencia al corte de suelos y rocas.

### **Unidad 9. Ondas. Sonido.**

9.1.Fenómenos ondulatorios. Clasificación general. Ondas transversales y longitudinales. 9.2.Velocidad de una perturbación en una cuerda tensa. 9.3.Ecuación de la onda. 9.4.Vibraciones complejas. Frecuencia fundamental y armónicas. 9.5.Interferencia, reflexión, refracción y difracción. Resonancia. 9.6.Manifestaciones de la energía en la Tierra. Ondas sísmicas. Terremotos. Mareas. 9.7.Ondas sonoras. Propiedades del sonido. 9.8. Audibilidad. Sensación sonora. 9.9.Velocidad del sonido. Sistemas vibrantes y fuentes de sonido. 9.10.Ondas estacionarias en tubos. 9.11.Efecto Doppler.

### **Unidad 10. Hidrostática.**

10.1.Propiedades de los fluidos. Líquido ideal. Presión. Densidad. Peso Específico. 10.2.Teorema General de la Hidrostática. 10.3.Principio de Pascal. Prensa hidráulica. 10.4.Manómetros. Barómetro de Torricelli. 10.5.Principio de Arquímedes. Flotación. 10.6.Tensión superficial. Líneas de contacto. 10.7.Capilaridad. Ley de Laplace-Jurin.

### **Unidad 11. Hidrodinámica.**

11.1.Régimen estacionario. Caudal. Ecuación de continuidad. 11.2.Teorema de Bernoulli. Teorema de Torricelli. Tubo Venturi. Tubo Pitot. 11.3.Líquidos reales. Flujo laminar y turbulento. Número de Reynolds. 11.4.Viscosidad. Ley de Poiseuille. Viscosímetros.

### **Unidad 12. Termometría. Calorimetría.**

12.1.Naturaleza de la temperatura. Ley cero de la Termodinámica. 12.2.Termómetros. Escalas. 12.3.Dilatación térmica de sólidos y líquidos. 12.4.Calor y energía interna de un gas ideal. Unidades de calor. 12.5.Equivalente mecánico. Experiencia de Joule. 12.6.Capacidad calorífica. Calor específico. Calores latentes. 12.7.Transmisión de calor. Conducción. Convección. Radiación. Ley de Stefan.

### **Unidad 13. Gases.**

13.1.Transformaciones isotérmicas. Ley de Boyle-Mariotte. 13.2.Transformaciones isobáricas. Ley de Gay-Lussac. 13.3.Transformaciones isócoras. Termómetro de gas. 13.4.Transformaciones adiabáticas. 13.5 Ley general de los gases perfectos. Ecuación de estado. 13.6.Trabajo Termodinámico en proceso isobárico. 13.7.Trabajo en proceso isotérmico. 13.8.Trabajo en proceso adiabático.

#### **Unidad 14. Termodinámica.**

14.1.Primer Ley de la Termodinámica. 14.2.Proceso termodinámico adiabático. 14.3.Proceso isócoro. 14.4.Proceso isotérmico. 14.5.Proceso isobárico. 14.6.Segunda Ley de la Termodinámica. Procesos reversibles e irreversibles. 14.7. Concepto de entropía y entalpía.

### **LISTADO DE TRABAJOS PRÁCTICOS DE LABORATORIO**

T.P.de L. N°1: Teoría de Errores – Mediciones

T.P.de L. N°2: Instrumentos de Medición

T.P.de L. N°3: Estática - Condiciones de Equilibrio en el Plano

T.P.de L. N°4: Rozamiento

T.P.de L. N°5: Cinemática – Carrito en Pista inclinada

T.P.de L. N°6: Conservación de la Energía Mecánica

T.P.de L. N°7: Resorte - Determinación de la constante elástica K - Método dinámico – Método Estático

T.P.de L. N°8: Determinación del Momento de Inercia de un Volante de Rotación

T.P.de L. N°9: MOAS - Péndulo Simple – Determinación experimental del valor de “g”.

T.P.de L. N°10: Densidad - Determinación experimental

T.P.de L. N°11: Tensión Superficial - Balanza de Jolly

T.P.de L. N°12: Viscosidad - Determinación experimental de la Viscosidad Cinemática Relativa de un líquido ( V.C.R.) por el método de Ostwald

T.P.de L. N°13: Calorimetría - Calorímetro de las Mezclas

**CRONOGRAMA DE CLASES (Tentativo)**

Semana N°	Clase N°	Unidades temáticas Teórico-prácticas	Trabajos Prácticos de Laboratorio (T.P. de L.)
1	1	Unidad N° 1	T.P. de L. N°1
	2	Unidad N° 2	T.P. de L. N° 2
2	3	Unidad N° 2	T.P. de L. N° 3
	4	Unidad N° 3	T.P. de L. N° 4
3	5	Unidad N° 3	
	6	Unidad N° 3	T.P. de L. N° 5
4	7	Unidad N°4	
	8	Unidad N° 4	
5	9	Unidad N° 4	T.P. de L. N° 6
	10	Unidad N° 5	
6	11	Unidad N° 5	
	12	Unidad N° 5	
7	13	<b>Coloquio N° 1</b>	
	14	<b>Examen Parcial Práctico N° 1</b>	
8	15	Unidad N° 6	T.P. de L. N° 7
	16	Unidad N° 7	T.P. de L. N° 8
9	17	Unidad N° 8	T.P. de L. N° 9
	18	Unidad N° 9	
10	19	Unidad N° 9	
	20	Unidad N° 10	T.P. de L. N° 10
11	21	Unidad N° 10	T.P. de L. N° 11
	22	Unidad N° 11	
12	23	Unidad N° 11	
	24	Unidad N° 11	T.P. de L. N° 12
13	25	Unidad N° 12	
	26	Unidad N° 12	T.P. de L. N° 13
14	27	Unidad N° 13	
	28	Unidad N° 14	
15	29	<b>Coloquio N° 2</b>	
	30	<b>Examen Parcial Práctico N° 2</b>	
16	31	<b>Recuperación de Coloquio</b>	
	32	<b>Recuperación de Parcial Práctico</b>	

## 1. DISTRIBUCION DE LA CARGA HORARIA

ACTIVIDAD	HORAS
TEÓRICA	60
FORMACIÓN PRACTICA:	
○ FORMACIÓN EXPERIMENTAL	20
○ RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	40
○ ACTIVIDADES DE PROYECTO Y DISEÑO	
○ PPS	
<b>TOTAL DE LA CARGA HORARIA</b>	120

## DEDICADAS POR EL ALUMNO FUERA DE CLASE

ACTIVIDAD	HORAS
PREPARACION TEÓRICA	90
PREPARACION PRACTICA	
○ EXPERIMENTAL DE LABORATORIO	30
○ EXPERIMENTAL DE CAMPO	
○ RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	60
○ PROYECTO Y DISEÑO	
<b>TOTAL DE LA CARGA HORARIA</b>	180

## 2. BIBLIOGRAFIA

- YOUNG – FREEDMAN – SEARS – ZEMANSKY, *Física Universitaria (Volumen I)*- Pearson Educación – México, 2009 - Decimosegunda edición.
- SERWAY, Raymond A., *Física (Tomo I)*, Mc. Graw Hill, Cuarta Edición.
- TIPLER, Paul A. – MOSCA, Gene; *Física para la Ciencia y la Tecnología*, Volumen1- Editorial Reverte – Edición 5.
- ALONSO, M. – FINN, E.; *Física* ; Addison – Wesley Iberoamericana, 1995.
- HEWITT, Paul G.; *Física Conceptual*, Addison Wesley longman, México 1999 -Tercera Edición.
- REESE, Ronald Lane; *Física Universitaria (Volumen I)*; Editorial Thomson.
- GIL, Salvador – RODRIGUEZ, Eduardo; *Física re-Creativa. Experimentos de Física usando nuevas tecnologías*; 1ª Ed. – Buenos Aires: Prentice Hall, 2001.
- RESNICK, Robert – HALLIDAY, David; *Física (Parte I)*; Compañía editorial Continental S.A.

**Anexo 5: Programa de Física I (Biología)**

  <b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA</b>	Programa de:  <b>Física I</b>	
Carrera: <i>Ciencias Biológicas y Prof. en Ciencias Biológicas</i>  Escuela: <i>Biología.</i>	Plan: <i>2015</i>  Carga Horaria: <i>70</i>  Semestre: <i>Segundo</i>	Créditos: <i>9</i>  Hs. Semanales: <i>4.5</i>  Año: <i>Primero</i>
Objetivos: Al terminar el curso el estudiante: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocerá la necesidad de manejar conceptos físicos para interpretar estructuras y procesos biológicos en general y relacionados al medio ambiente en particular.</li> <li>• Se habrá familiarizado con la forma de trabajar del hombre de ciencia a través de la utilización del método científico en el desarrollo de las prácticas experimentales.</li> <li>• Podrá comprender los principios físicos de funcionamiento de diferentes equipos y técnicas que utilizará durante su vida profesional.</li> </ul>		
Programa Sintético: Unidad N° 1: Introducción al estudio de la física y mediciones en el laboratorio Unidad N° 2: Estática Unidad N° 3: Cinemática Unidad N° 4: Dinámica Unidad N° 5: Rotaciones Unidad N° 6: Hidrostática y tensión superficial. Presión atmosférica Unidad N° 7: Fluidos en Movimiento. Hidrodinámica y viscosidad. Vientos Unidad N° 8: Propiedades físicas de los materiales Unidad N° 9: Ondas y Sonido		
Programa Analítico: de foja 4 a foja 5		
Programa Combinado de Examen (si corresponde): de foja a foja .		
Bibliografía: de foja 6 a foja 6		
Correlativas Obligatorias:		<i>Matemáticas</i>
Correlativas Aconsejadas:		
Rige: <i>2001 en adelante</i>		
Aprobado HCD Res. 507-HCD-2014 Anexo I Parte II		Sustituye al aprobado por HCD Res.: 223/2001 – 927/2007
El Secretario Académico de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (UNC) certifica que el programa está aprobado por el (los) número(s) y fecha(s) que anteceden. Córdoba, / / .		
Carece de validez sin la certificación de la Secretaría Académica:		

## LINEAMIENTOS GENERALES

Física I se dicta en el segundo cuatrimestre, luego del cursado de Matemática I (correlativa de Física I) y se encuentra dentro del conjunto de asignaturas del ciclo básico.

El desarrollo de la mecánica ocupa una buena parte de los primeros capítulos y luego se abordan, continuando con la visión mecanicista del mundo, las propiedades de la materia: hidrostática, tensión superficial, hidrodinámica, viscosidad y elasticidad. Finalmente, se abordan ideas básicas relacionadas con las ondas y el sonido.

Previo al desarrollo de la mecánica, se intenta en un primer capítulo reflexionar sobre cómo trabaja el hombre de ciencia y luego es abordada la problemática de las mediciones en el laboratorio, que incluye la teoría de propagación de las incertezas y el análisis estadístico de los resultados. Este modo de trabajar las mediciones en el laboratorio, es retomado en todas las unidades siguientes.

Desde lo conceptual se desarrolla una Física comparable con aquellas abordadas en el ciclo básico de las distintas carreras de ciencias y/o ingeniería, con una formalización matemática que opera con una manipulación sencilla del cálculo diferencial, en razón de la formación recibida en matemática I por los alumnos.

Desde el punto de vista metodológico, se intenta motivar a los alumnos desde las distintas acciones didácticas que se desarrollan (teoría, práctica de problemas y prácticas experimentales) con permanentes aplicaciones de la Física en la Biología y Ciencias del Ambiente. Por otro lado, se trabaja el perfil de la carrera (investigación en Biología y evaluación de situaciones ambientales) con el desarrollo de problemas abiertos, experimentaciones sobre temas problemas de la biología, evaluaciones a libro abierto sobre la base de resolución de problemas y elaboración de “informes de las prácticas experimentales” con estructura semejante a la de una publicación científica.

## METODOLOGIA DE ENSEÑANZA

### Clases teóricas

Se desarrolla una clase semanal con una duración de una hora y media. En estas clases se abordará los principales temas del programa, recurriendo a la exposición, diálogo y presentación de experimentos para favorecer la participación de los alumnos.

### Clases teórico-prácticas (resolución de problemas)

Se desarrollan en dos clases por semana de una hora y media de duración. Para esta actividad y la siguiente (resolución de problemas y trabajos prácticos de laboratorio) los alumnos trabajan en comisiones de no más de treinta y cinco alumnos. En ellas se presentan y discuten temas complementarios a los abordados en clases teóricas y se resuelven problemas y ejercicios de aplicación.

### Clases prácticas (trabajos prácticos de laboratorio)

Son de aproximadamente una hora y media de duración y se llevan a cabo en aquellas semanas en las cuáles los alumnos tienen una sola clase práctica de resolución de problemas. Se han previsto aproximadamente seis para todo el curso. Estas experiencias están dirigidas a desarrollar habilidades prácticas, aplicar teoría de errores, y aprender a presentar resultados científicos.

### Clases de consulta

La cátedra pondrá a disposición de los alumnos clases de consultas semanales. Cada docente propone un horario de consultas de una hora de duración cada semana, abierto a todos los alumnos de la materia.

## EVALUACION

### **Exámenes Parciales (Resolución 203 - H.C.D. - 2003)**

Se tomarán durante el curso 3 (tres) exámenes parciales para adquirir la condición de regularidad y/o promoción. En los exámenes parciales se plantearán situaciones problemáticas sobre las que se harán tres tipos de preguntas: a) relacionadas con los enfoques que se presentan en clases teóricas; b) vinculadas con cálculos numéricos y aplicación de fórmulas; c) relacionadas con las prácticas de laboratorio.

Los exámenes parciales, serán del tipo "a libro abierto". Se permitirá el uso de cualquier tipo de material escrito y cada alumno podrá tener acceso solamente a su material. En ningún caso se permitirá durante el examen, compartir material escrito.

### **Sistema de Promoción**

Para promocionar la materia el alumno deberá cumplir los siguientes requisitos:

Acreditar la condición de alumno regular.

Asistir por lo menos al 80% de las clases teóricas.

Sumar entre los 3 (tres) exámenes parciales 21 (veintiuno) o más puntos.

La nota final de la materia resultará del promedio de las notas obtenidas en los exámenes parciales.

El plazo de vigencia de la promoción será de 1 (un) año a partir de la fecha que conste en su libreta de alumno. Quién no se presente dentro de ese plazo, perderá la promoción, quedando en condición de alumno regular.

### **Examen Recuperatorio**

Se otorgará un solo examen recuperatorio que abarcará los mismos temas del programa incluidos en el examen parcial a recuperar y se tomará al finalizar el dictado de la materia.

Quiénes podrán recuperar un examen parcial:

Alumnos que hayan reprobado (nota menor a 4) o inasistido a un examen parcial.

Alumnos que habiendo aprobado los 3 (tres) exámenes parciales, decidan recuperar uno de ellos para mejorar su nota final y promocionar. En este caso sólo podrán recuperar aquel examen parcial con menor calificación. En caso de igualdad de notas entre los exámenes parciales, el alumno podrá elegir cuál de estos parciales recuperar.

Aquel alumno que hubiera reprobado o inasistido a 1 (un) parcial, no pierde la posibilidad de promocionar la materia, siempre y cuando apruebe el recuperatorio.

La nota obtenida en el recuperatorio, reemplazará indefectiblemente a la nota del examen parcial recuperado o a la inasistencia. Para establecer la calificación final se procederá de acuerdo al punto

### **Coloquio integrador**

Aquellos alumnos que acrediten la condición de Alumno Regular y que sumen entre los 3 (tres) exámenes parciales 18 (dieciocho), 19 (diecinueve) ó 20 (veinte) puntos, podrán acceder a un coloquio integrador.

El alumno que haya recuperado un examen parcial NO podrá acceder al coloquio integrador.

El coloquio integrador se tomará en la misma fecha del primer turno de examen siguiente a la finalización del dictado de la materia.

En caso de aprobar este coloquio, el alumno promoverá la asignatura con una calificación de 7 (siete) puntos.

En caso de reprobado el coloquio integrador, el alumno mantendrá la condición de alumno regular alcanzada.

## Exámenes Finales

### Alumnos regulares

Serán escritos, del tipo a libro abierto. En estos exámenes se plantearán situaciones problemáticas sobre las que se harán tres tipos de preguntas: a) relacionadas con los enfoques que se presentan en clases teóricas; b) vinculadas con cálculos numéricos y aplicación de fórmulas; c) relacionadas con las prácticas de laboratorio.

En total se plantearán 15 (quince) preguntas y la duración del examen final será de 2 (dos) horas. Las situaciones problemáticas planteadas, serán similares a las propuestas en los exámenes parciales. Las situaciones físicas que se proponen, pueden involucrar cualquier tema del programa, y el programa a considerar para el examen, será el vigente al momento del último curso en el cual se desarrolló la materia. En aquellos casos en que el tribunal lo considere conveniente, pasarán a un examen oral tipo coloquio.

### Alumnos libres

Consistirán en un examen escrito, similar al desarrollado por los alumnos regulares. Quienes aprueben el mismo, tendrán que desarrollar posteriormente un Trabajo Práctico de Laboratorio correspondiente a la asignatura, a elección del Tribunal. (Para este desarrollo no se permitirá utilizar material de consulta). En aquellos casos en que el tribunal lo considere conveniente, pasarán a un examen oral tipo coloquio.

### Muestra de Exámenes Parciales y Finales

Al término de los exámenes, los docentes de la cátedra pondrán a disposición de los alumnos el resultado de las evaluaciones, con el propósito de que los alumnos se informen al respecto.

## PROGRAMA ANALITICO

### **Unidad 1. Introducción al estudio de la física y Las mediciones en el Laboratorio**

Los orígenes de la física. Física clásica y moderna.

La Física: su relación con otras ciencias. El método científico. La física y la biología. Interpretación física de ejemplos biológicos.

Cantidades, magnitudes y unidades. Patrones de referencia.

El SI y el SIMELA. Unidades fundamentales y derivadas.

Prefijos y notación científica. Formación de múltiplos y submúltiplos. Ordenes de magnitud.

El laboratorio. El proceso de medición. Sistemas objeto, de medición y de comparación. Técnica de medición.

La calidad de una medición. Errores sistemáticos y accidentales. Incertezas: absoluta, relativa y porcentual. Apreciación y estimación. Cifras significativas.

La estimación previa de las incertezas. Medidas directas e indirectas.

Análisis estadístico de los resultados. Histogramas. Valor medio. Error medio cuadrático de las lecturas. Error medio cuadrático del promedio. El resultado de una medición. Representaciones gráficas.

Trabajo práctico de laboratorio.

### **Unidad 2. Estática**

Vectores. Clasificación. Operaciones con vectores.

Primera condición de equilibrio. Aplicaciones utilizando el método gráfico y el método analítico (de las componentes).

Fuerzas que equilibran el sistema.

Momento de una fuerza. Definición.

Segunda condición de equilibrio. Aplicaciones sencillas.

Momento que equilibra el sistema.

Trabajo práctico de laboratorio.

### **Unidad 3. Cinemática**

Movimiento rectilíneo. Velocidad media e instantánea. Aceleración media e instantánea.

Movimiento rectilíneo uniforme (MRU). Funciones posición y velocidad. Representaciones gráficas.

Movimiento rectilíneo uniformemente variado (MRUV). Funciones posición y velocidad.

Caída libre. Tiro vertical. Representaciones gráficas.

Introducción al movimiento en dos dimensiones.

Tiro oblicuo.

Trabajo práctico de laboratorio.

### **Unidad 4. Dinámica**

Las leyes de Newton. Fuerzas: de fricción, a distancia, normal, elásticas.

Impulso y cantidad de movimiento. Principio de conservación.

Trabajo y energía. Energía cinética

Energía potencial. Principio de conservación de la energía mecánica

Trabajo práctico de laboratorio.

### **Unidad 5. Rotaciones**

Cinemática de rotaciones. Definición de radián. Velocidad angular media e instantánea.

Aceleración angular media e instantánea.

Movimientos circulares: uniforme y uniformemente variado. Aceleración centrípeta.  
Relación entre velocidad lineal y angular.  
Dinámica de rotaciones. Las Leyes de Newton. Momento de inercia. Cantidad de movimiento angular.  
Analogía entre las expresiones de la dinámica de traslaciones y la dinámica de rotaciones.  
Fuerza de Coriolis y su aplicación a vientos, fenómenos atmosféricos y corrientes marinas.  
Efectos del calentamiento global en los vientos  
Trabajo práctico de laboratorio.

#### **Unidad 6. Hidrostática y Tensión Superficial**

Densidad y presión. Definiciones. Peso específico.  
Ecuación fundamental de la hidrostática. Pascal. Tubos comunicantes. Prensa hidráulica.  
Manómetros. Características de la presión atmosférica.  
Principio de Arquímedes. Empuje. Circulación natural del aire.  
Tensión superficial. Angulo de contacto y capilaridad. Presiones negativas.  
Trabajo práctico de laboratorio.

#### **Unidad 7. Fluidos en movimiento: Hidrodinámica y Viscosidad**

La ecuación de continuidad. Caudal. Régimen: estacionario y turbulento.  
Teorema de Bernoulli. Consecuencias estáticas y dinámicas. Torricelli, Pascal, presiones debido a vientos tangenciales, etc.  
Viscosidad. Gradiente de velocidad. La viscosidad del aire.

#### **Unidad 8. Propiedades Físicas de los Materiales**

Ley de Hooke. Deformación elástica y plástica. Módulo de elasticidad. Módulo de torsión.  
Su aplicación a resortes. Constante elástica. Energía potencial.  
Introducción al movimiento armónico simple.

#### **Unidad 9. Ondas y Sonido**

Movimiento armónico simple. Funciones posición, velocidad y aceleración. Amplitud, período y frecuencia.  
Movimiento ondulatorio. Función de onda. Representaciones gráficas en sistemas de ejes  $(t,y)$ , y  $(x,y)$ .  
Tipos de onda: longitudinales y transversales, mecánicas y electromagnéticas. Frecuencia, período, longitud de onda y velocidad de propagación.  
Interferencia. Onda estacionaria. Resonancia.  
Energía. Intensidad. Potencia. Polarización.  
Naturaleza y velocidad del sonido. La velocidad del sonido en distintos medios.  
Características de las ondas sonoras. Tono, timbre e intensidad.  
Ondas sonoras estacionarias. Instrumentos musicales.  
Espectro de frecuencias. Sonidos audibles. Ultrasonidos.  
Efecto Doppler.  
Emisión y recepción de sonidos en los seres vivos.  
Trabajo práctico de laboratorio.

### PROGRAMA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

- T.P. de L. Nº 1: EL MÉTODO CIENTÍFICO - PÉNDULO  
 T.P. de L. Nº 2: LA ACELERACIÓN EN UN PLANO INCLINADO  
 T.P. de L. Nº 3: CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA  
 T.P. de L. Nº 4: DETERMINACIÓN DE DENSIDAD (Balanza de Jolly)  
 T.P. de L. Nº 5: DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE TENSIÓN SUPERFICIAL.  
 T.P. de L. Nº 6: DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE VISCOSIDAD DE UN LÍQUIDO.

### DISTRIBUCION DE LA CARGA HORARIA

ACTIVIDAD	HORAS
TEÓRICA	24
FORMACIÓN PRACTICA:	
○ FORMACIÓN EXPERIMENTAL	16
○ RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	30
○ ACTIVIDADES DE PROYECTO Y DISEÑO	
○ PPS	
<b>TOTAL DE LA CARGA HORARIA</b>	<b>70</b>

### **DEDICADAS POR EL ALUMNO FUERA DE CLASE**

ACTIVIDAD	HORAS
PREPARACION TEÓRICA	45
PREPARACION PRACTICA	
○ EXPERIMENTAL DE LABORATORIO	13
○ EXPERIMENTAL DE CAMPO	
○ RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS	55
○ PROYECTO Y DISEÑO	
<b>TOTAL DE LA CARGA HORARIA</b>	<b>113</b>

## BIBLIOGRAFÍA

- BAIRD, D.C., 1991. *Experimentación*. Editorial Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. México.
- BAKER, J.J.W. y ALLEN, G.E., 1970. *Biología e Investigación Científica*. Editorial Fondo Educativo Interamericano, S.A. Estados Unidos de América.
- CROMER, A.H., 1978. *Física para las Ciencias de la Vida*. Editorial Reverté S.A. Barcelona, España.
- GRÜNFELD, V. 1991. *El caballo esférico*. Editorial Lugar Científico. Bs. As., Argentina.
- HECHT, E, 1999. *Física. Álgebra y Trigonometría*. Internacional Thomson Editores. México. 1146 páginas.
- HEWITT, P., 1995. *Física Conceptual*. Editorial Addison-Wesley Iberoamericana. Estados Unidos.
- JOU, D., LLEBOT, J.E. y GARCÍA, C.P., 1995. *Física para las Ciencias de la Vida*. Editorial Mc Graw Hill. Madrid, España.
- KANE, J.W. y STERNHEIM, M.M., 1982. *Física*. Editorial Reverté S.A. Barcelona, España.
- MACDONALD, S.G.G. y BURNS, D.M., 1978. *Física para las Ciencias de la Vida y de la Salud*. Editorial Fondo Educativo Interamericano, S.A. Estados Unidos de América.
- MAIZTEGUI, A.P. y GLEISER, R., 1985. *Introducción a las Mediciones en el Laboratorio*. Editorial Kapelusz. Buenos Aires, Argentina.
- CAPUANO, . Y MARTÍN, J., 2005. El calentamiento global de la Tierra. Un ejemplo de equilibrio dinámico. *Cordobensis*. – *Gobierno de Córdoba. Ministerio de Educación*. ISBN 987-22457-2-X. Páginas: 30.