



# Movimiento debido a la gravedad. Una experiencia multirepresentacional en los nuevos laboratorios del bachillerato de la UNAM

Jesús Manuel Cruz-Cisneros<sup>1</sup>, Eduardo José Vega-Murguía<sup>2</sup>, Héctor Covarrubias-Martínez<sup>2</sup>, Leticia Gallegos-Cázares<sup>2</sup> y Fernando Flores-Camacho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur, UNAM.

Cataratas y Llanura S/N, Col. Jardines del Pedregal, C.P.: 04500, México, D.F

<sup>2</sup>Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico UNAM.

Circuito exterior S/N, Ciudad Universitaria, C.P. 04510, México, D. F., México.

**E-mail:** [jmcruz@unam.mx](mailto:jmcruz@unam.mx), [eduardo.vega@ccadet.unam.mx](mailto:eduardo.vega@ccadet.unam.mx), [hector.covarrubias@ccadet.unam.mx](mailto:hector.covarrubias@ccadet.unam.mx), [leticia.gallegos@ccadet.unam.mx](mailto:leticia.gallegos@ccadet.unam.mx), [fernando.flores@ccadet.unam.mx](mailto:fernando.flores@ccadet.unam.mx)

(Recibido el 1 de agosto de 2014, aceptado el 16 de febrero de 2015)

## Resumen

En este trabajo se describe la estructura de una secuencia didáctica denominada “Movimiento debido a la gravedad”, la cual se desarrolló bajo la perspectiva del cambio representacional de los estudiantes y el uso de las tecnologías de la información y la comunicación disponibles en los nuevos laboratorios de ciencias del bachillerato de la UNAM. Se presenta las condiciones de la aplicación de la secuencia a tres grupos de estudiantes y algunos de sus resultados obtenidos del análisis de un cuestionario aplicado con la modalidad pretest-postest. Las respuestas se clasificaron en las categorías: Mejoraron, No cambiaron y están bien, No cambiaron y están mal y Empeoraron. Del total de respuestas de las cuatro preguntas, el 41 % y el 29 % se ubicaron en las categorías Mejoraron y No cambiaron y están bien respectivamente, lo cual nos permite afirmar que la secuencia es favorable para el aprendizaje del tema.

**Palabras clave:** Didáctica de la Física, Movimiento acelerado, Secuencia didáctica, Aprendizaje, Experimentación, TIC.

## Abstract

This paper describes the structure of a didactic sequence called "Movement due to gravity", which was developed under the perspective of representational change in students and the use of the technologies of information and communication available in the new sciences labs of the UNAM high school. It also presents the conditions of application of the sequence to three groups of students and some of the results obtained from the analysis of four questions in a questionnaire applied with the pretest-posttest method. Responses were classified into categories: They improved, They did not change and are correct, They did not change and are incorrect and They worsened. From the total of answers to the four questions, 41 % and 29 % were placed in the categories They improved and They did not change and are correct respectively, which allows us to say that the sequence is conducive to the learning of the topic.

**Keywords:** Didactics of Physics, Accelerated movement, Teaching sequence, Learning, Experimentation, TIC.

**PACS:** 01.40.E-, 01.40.gb, 01.50.Qb

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUCTION

En el estudio de los movimientos debidos a la gravedad, la caída de los cuerpos tal vez sea la experiencia más común en los cursos de física. Sin embargo continúa siendo un tema vigente debido los problemas de comprensión que tienen los alumnos y a que la incorporación de tecnologías digitales en el laboratorio presenta nuevas posibilidades de mejorar la enseñanza de la Física.

En los programas de estudio en el nivel medio superior de la UNAM está incluido el tema de caída libre de los cuerpos así como el movimiento rotacional [1]. En estos programas se especifica que la enseñanza debe estar

centrada en los alumnos ya que ellos son los generadores de su propio conocimiento, de quienes además se sabe, por múltiples investigaciones que llegan a la escuela con ideas preconcebidas que no corresponden a los modelos científicos. Dichas preconcepciones son llamadas ideas previas o concepciones alternativas y, para que el aprendizaje ocurra, deben ser transformadas hacia las ideas científicas dentro del proceso educativo en la escuela [2].

Para apoyar el aprendizaje y comprensión de este tema en el contexto de los nuevos Laboratorios de Ciencias del Bachillerato UNAM, se desarrolló una secuencia didáctica denominada “Movimiento debido a la gravedad”, [3] adecuada a las condiciones, características y recursos de

estos laboratorios [4], que se caracterizan por los recursos tecnológicos como computadoras, simuladores, sensores e interfaces, sistemas de cómputo para facilitar el trabajo colaborativo y que, además cuentan con una mejor distribución del espacio para las actividades experimentales de los estudiantes y el profesor.

La intención de este trabajo es el de informar sobre los resultados obtenidos al llevar a cabo una secuencia que incorpora un proceso didáctico basado en las representaciones múltiples desarrolladas en un entorno de TIC, en donde el propósito de aprendizaje lograr que los estudiantes transformen las representaciones que “han construido sobre los fenómenos físicos, en especial los relativos a la caída de los cuerpos. La secuencia desarrollada propone la integración de diversos elementos estructurales y funcionales como modelos, gráficas, esquemas, imágenes, ecuaciones, expresiones escritas y cualquier otro tipo de elemento del entorno epistémico y cognitivo que apoye el proceso de transformación conceptual y representacional [5].

Un ejemplo del logro que se puede alcanzar con el empleo de múltiples representaciones para la enseñanza de la cinemática se presenta en el artículo de Savinainen, *et al.* [6] donde se considera que “Las representaciones múltiples son esenciales para la comprensión de conceptos científicos y para la resolución de problemas que demandan más que la sola manipulación de ecuaciones. Además, una meta importante en la educación de la física es auxiliar a los estudiantes a aprender, interpretar y construir representaciones múltiples de los procesos físicos y aprender a moverse en cualquier dirección entre estas representaciones.”

A su vez Van Heuvelen, A. and Zou, X. L. [7] plantean que:

*“las representaciones múltiples: fomentan la comprensión de la física en los estudiantes actuando como ayudas visuales, construyen puentes entre las representaciones verbales y matemáticas y auxilian a los estudiantes a desarrollar imágenes que dan significado a símbolos matemáticos”.*

La secuencia se aplicó a los alumnos de tres grupos escolares del Colegio de Ciencias y Humanidades, dos de ellos con recursos todos los recursos de los nuevos laboratorios (computadoras, sensores, etcétera para todos los alumnos) mientras que en un tercer grupo se emplearon recursos que sólo podía utilizar el profesor y algún alumno al que se invitaba a usarlos durante la clase ya que sólo se disponía de un equipo (las sesiones de clase ocurrieron en un laboratorio tradicional).

Para la evaluación de la eficiencia de la secuencia trabajada con los tres grupos de estudiantes se hizo un seguimiento de su aplicación registrando en video y en hojas de registro de observación algunas de las sesiones de clase. Para la obtención de datos sobre la comprensión del proceso físico por los alumnos se aplicó un cuestionario en dos momentos diferentes del curso en la modalidad pretest-postest.

## II. DESCRIPCIÓN DE LA SECUENCIA DIDÁCTICA “MOVIMIENTO DEBIDO A LA GRAVEDAD”

La secuencia didáctica “Movimiento debido a la gravedad” propuesta para analizar el movimiento acelerado de un objeto que cae libremente o que se desliza por una rampa consta de tres actividades:

- En la primera actividad, “La caída libre de los cuerpos”, se estudia el movimiento de caída de los cuerpos en forma experimental mediante el uso de sensores de posición e interface conectada a la computadora y se establece el modelo matemático que lo describe comparándolo con la ecuación de caída libre.
- Segunda actividad, “El movimiento de los cuerpos en un plano inclinado (con un simulador)” consta de dos partes. En la primera los estudiantes usan un simulador para determinar la rapidez final con la que llega un disco y tubo al final de un plano inclinado sin fricción. Para la segunda parte en la simulación se incluye la rotación del disco y se estudia la influencia de ésta en la velocidad y aceleración del disco durante el descenso.
- En la tercera actividad, “El movimiento con rodamiento de los cuerpos en un plano inclinado”, los estudiantes realizan una actividad experimental con el uso de sensores para determinar la influencia que tiene la forma (un cilindro, un disco y un tubo) en la aceleración de su movimiento al rodar sobre una rampa.

La aplicación de la secuencia se llevó a cabo en tres sesiones en cada grupo.

En general, las clases inician con una presentación de sus objetivos y una discusión del tema donde el profesor plantea un cuestionamiento encaminado a buscar las ideas de los alumnos.

En algunas ocasiones el profesor explicaba el tema o se planteaba el experimento a realizar, en otros momentos se analizaban ejemplos haciendo ejercicios.

Algunos de los ejercicios se llevaron a cabo haciendo simulaciones con el programa Interactive Physics disponible en las computadoras.

Durante la actividad, el profesor proyectaba las láminas que llevaba preparadas, para esto se auxiliaba de los alumnos quienes manipulaban el equipo.

En el desarrollo del experimento los alumnos trabajan con toda libertad, realizando las pruebas que consideraban convenientes, explorando la adecuación de sus ideas con las observaciones experimentales.

Cuando el profesor lo consideraba necesario auxiliaba a los alumnos atendiendo sus peticiones, haciendo comentarios a lo que realizaban, dándoles orientaciones o indicaciones según lo requieran acercándose a sus mesas o monitoreándolos desde su computadora.

Los datos experimentales se obtienen por medio de un sistema de interface y sus sensores y el software del sistema el cual permite hacer el análisis de los datos y el ajuste de curvas para encontrar el modelo matemático correspondiente. Este sistema se desarrolló en el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológica de la UNAM).

Hay que mencionar que para los estudiantes usar sensores y simuladores les es sencillo ya que ellos tienen un buen manejo de paquetería de cómputo y de comunicaciones.

El Profesor dirigió la sesión conforme a los lineamientos descritos en el documento que presenta la secuencia [3]. Al terminar cada sesión compararon las ecuaciones obtenidas con los modelos teóricos.

### III. METODOLOGÍA

#### III.A Muestra

La muestra en estudio formada por 65 alumnos de tres grupos escolares del turno matutino.

#### III.B Instrumento

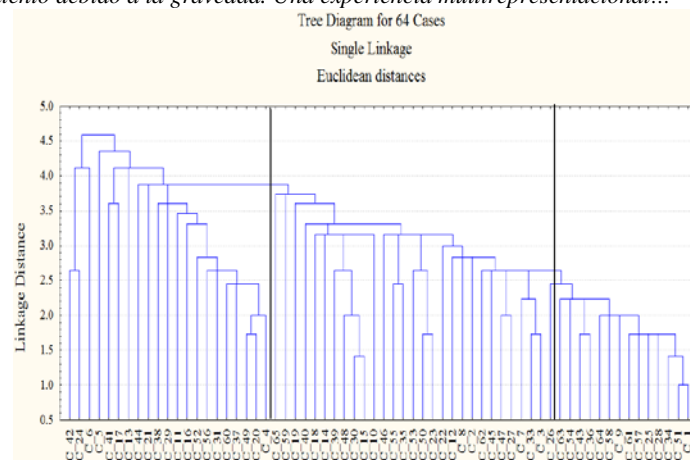
El cuestionario consta de 7 preguntas abiertas sobre el movimiento de un cuerpo en caída libre y el movimiento de tres cuerpos rígidos sobre una rampa. Todas las preguntas del cuestionario se encuentran en la secuencia didáctica, de manera que de alguna forma fueron previamente analizadas por los alumnos durante su desarrollo. El cuestionario se aplicó antes y dos semanas después de la implementación de la secuencia didáctica. A continuación se enlistan las preguntas. Todas son preguntas abiertas con justificación.

1. Describa tres casos que representen la caída de los cuerpos.
2. ¿Todos los cuerpos caen con la misma velocidad?
3. ¿Importa la forma de cuerpo en la caída libre?
4. ¿Cómo es la velocidad durante la caída de los cuerpos en el aire?
5. Imaginen que pueden eliminar los efectos de fricción entre un objeto y el aire. Si sueltan ese objeto en caída libre desde una altura  $h$ , la rapidez con la que llega al piso ¿de qué dependerá?
6. Supongan que se toma ese mismo objeto y se deja caer desde la altura  $h$ , pero se desliza sobre un plano inclinado. Considerando que entre el objeto y el plano no existe fricción, ¿de qué factores depende la rapidez del cuerpo cuando llega al piso?
7. Si se dejan rodar en el plano un tubo, un cilindro macizo y un disco, ¿cuál de ellos esperan que llegue primero al fin del plano?

#### III.C Metodología de análisis

Las respuestas se clasificaron de acuerdo al significado físico de los términos que expusieron los alumnos y se identificaron con números para analizarse estadísticamente por análisis de conglomerados.

Este análisis arrojó tres conglomerados principales de alumnos como se muestra en la Figura 1.



**FIGURA 1.** Dendrograma para los casos de la muestra. Para este estudio se utilizó el programa Statistica [9].

Con relación a las preguntas se seleccionan aquellas cuyo valor de correlación es el más alto; estas son la 3, 4, 5 y 7 y qué, además, fuesen preguntas diseñadas para inducir al estudiante a la discusión donde expliciten sus ideas. Las respuestas se analizaron y clasificaron en cuatro categorías: 1 Mejoraron; 2 No cambiaron y están bien; 3 No cambiaron y están mal y 4 Empeoraron. El significado de estas denominaciones es:

*Mejoraron.* En esta categoría se ubican las respuestas que en el postest muestran ideas adecuadas y coherentes de la explicación del fenómeno planteado, en comparación con su respuesta en el pretest. Esta categoría representa los cambios de concepción de los alumnos hacia mejores representaciones físicas y, por tanto un avance en el aprendizaje.

*No cambiaron y están bien.* En esta categoría se ubican las respuestas que en el pretest expresan una idea adecuada a cada pregunta y en el postest la ratifican aunque se expresen con otras palabras. Esta categoría representa que no hay cambios en la comprensión del problema por los alumnos.

*No cambiaron y están mal.* En esta categoría se ubican las respuestas que tanto en el postest como en el pretest son inadecuadas para explicar el problema planteado. Esta categoría representa que no hay cambios en la comprensión inadecuada de los alumnos, pues mantienen el mismo paradigma en ambos tests o que en el postest se manifieste (de naturaleza aristotélica).

*Empeoraron.* En esta categoría se ubican las respuestas que en postest presentan una idea inadecuada siendo que en el pretest se había expresado una respuesta adecuada aunque fuese parcialmente. Esta categoría representa también un cambio de concepción pero hacia una representación donde, aparentemente el aprendizaje de los alumnos ha retrocedido en comparación con el pretest.

#### IV. RESULTADOS

Se presenta en primer lugar el tipo de respuestas de los alumnos de acuerdo a las categorías.

##### IV. A. Tipos de respuestas y su asignación en cada una de las categorías

###### Mejoraron

Sobre la pregunta 3 algunos estudiantes que no consideraban la forma del objeto que cae, en el postest sí mencionaron su importancia cuando la caída es en el aire.

En la pregunta 4, en el pretest afirmaron que la velocidad de caída es constante y en el postest que el movimiento es acelerado. Algunos mencionan la posibilidad de alcanzar una velocidad terminal. Sobre la pregunta 5 dejaron de mencionar al peso o la masa como factor de influencia y afirmaron que la velocidad final depende de la altura inicial y del valor de la aceleración debida a la gravedad. En la pregunta 7, de haber afirmado que el tiempo de recorrido dependía de la masa o el peso, mejoraron al decir que dependía de la forma o de la distribución de masa en los objetos que ruedan.

###### No cambiaron y están bien.

En la pregunta 3 hay referencia a la forma del objeto que cae como algo que influye en la manera de caer por el efecto del aire sobre el objeto. Sobre la pregunta 4, afirman que el movimiento es acelerado y algunos estudiantes mencionan la posibilidad de una velocidad terminal. En la pregunta 5 mencionan a la altura inicial como determinante de la velocidad final del objeto. En la pregunta 7 afirmaron que es el cilindro el que llega primero aunque adjudican a la masa del objeto la diferencia en su rapidez.

###### No cambiaron y están mal.

En la pregunta 3 las respuestas fueron muy diversas pero nunca correctas. En la pregunta 4 afirman que la velocidad es constante. En la pregunta 5 adjudican el valor de la velocidad final a la masa del objeto que cae. Sobre la pregunta 7, algunos afirman que los objetos llegan igual otros no responden o bien dan respuesta errónea sin justificarla.

###### Empeoraron.

En la pregunta 3 empeoraron por cambiar de afirmar que la forma del objeto sí influye a decir que no lo hace. En la pregunta 4, sobre la velocidad en el aire cambiaron de decir que aumenta a afirmar que es constante o que depende del peso. En la pregunta 5 algunos pasaron de una respuesta adecuada a decir que la velocidad final depende del peso o la masa. Sobre la pregunta 7 algunos cambiaron de una respuesta correcta a una diversidad de respuestas erróneas: llega primero el tubo, o todos igual, o el de mayor densidad.

A continuación se presentan los resultados obtenidos del análisis de conglomerados de las respuestas del cuestionario. Se obtuvieron tres conglomerados.

##### IV.B Conglomerado 1

Esta conglomerado lo conforman 15 alumnos, siendo el 23.1 % del total. Se caracteriza por lograr una mejora en

más de la mitad de las preguntas. La distribución de las respuestas clasificadas de acuerdo a las categorías descritas y por pregunta se presenta en la Figura 2:

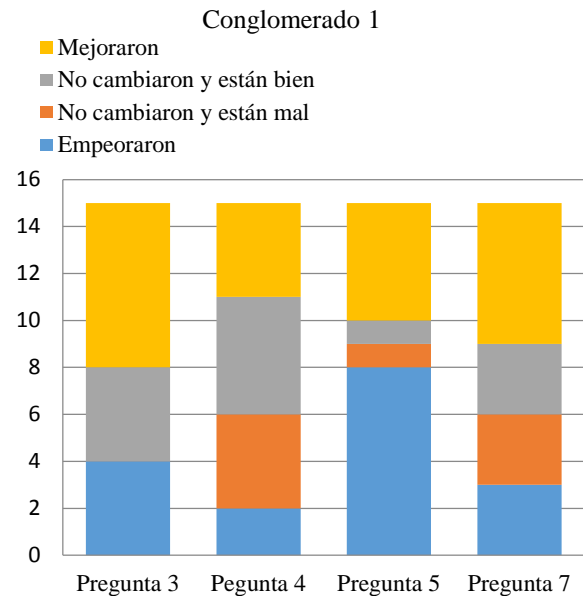


FIGURA 2. Frecuencia por pregunta y categoría del conglomerado 1.

Se puede considerar que este conglomerado tuvo un cambio favorable ya que 40 % de las preguntas mejoraron y 20 % se mantuvieron bien contra 25 % que empeoraron y 15 % que se mantuvieron erróneas, como se muestra en la Figura 3.

Este conglomerado es el que tuvo el cambio positivo menos favorable si consideramos juntos los porcentajes de las categorías *Mejoraron* y *No cambiaron y son acertadas* (P.3 73 %; P.4 60 %; P.5 40 % y P.7 60 %).

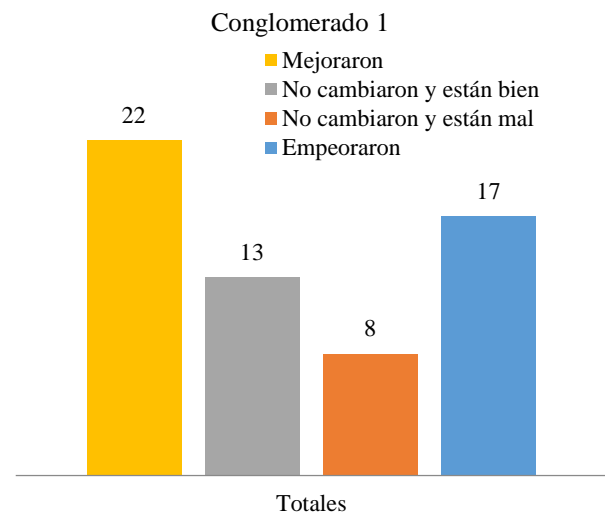
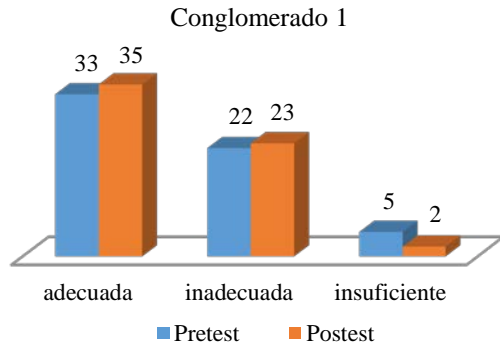


FIGURA 3. Frecuencias totales de las categorías de las respuestas del conglomerado 1.



**FIGURA 4.** Frecuencias totales de respuestas adecuadas e inadecuadas de las cuatro preguntas en el pretest y el postest del conglomerado 1.

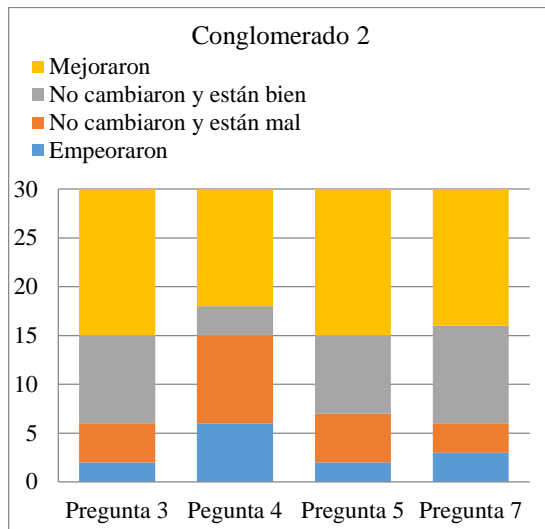
En la Figura 4 se aprecia en el postest el 60 % de respuestas adecuadas y 40 % de respuestas inadecuadas contra 55 % de respuestas adecuadas y 37 % de inadecuadas en el pretest.

Este resultado implica una mejora aparentemente poco significativa en los estudiantes. Sin embargo si se considera el 40 % de las respuestas mejoradas contra el 25 % de las que empeoraron, se puede considerar un pequeño avance en el aprendizaje.

**IV.B Conglomerado 2**

Está formado por 30 alumnos que representa el 46.15 % de la población. Se caracteriza por tener el mayor porcentaje de alumnos que mejoraron en sus respuestas y, en consecuencia, modificaron favorablemente sus conceptos.

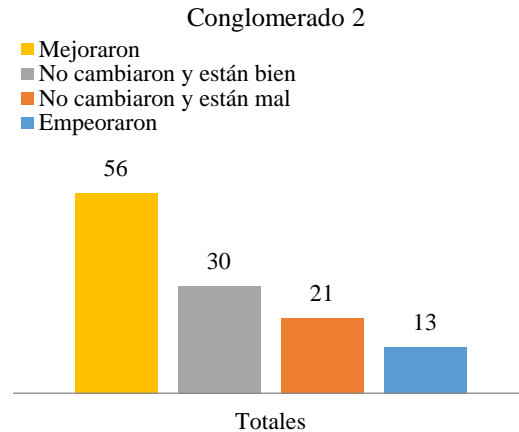
Considerando la suma de porcentajes de los que mejoraron con los que ya tenían concepciones adecuadas, el porcentaje resulta del 70 % para este conglomerado. La distribución de las respuestas clasificadas de acuerdo a las categorías descritas y por pregunta se presenta en la Figura 5:



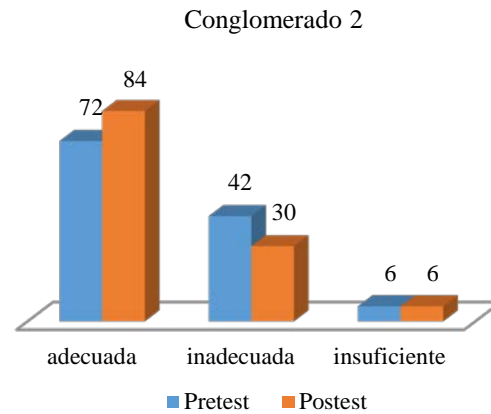
**FIGURA 5.** Frecuencias por pregunta y por categoría del conglomerado 2.

Se puede considerar que este conglomerado tiene un cambio favorable ya que mejoraron en 46 % las respuestas, manteniéndose adecuadas el 25 %, mientras que el 11 % empeoró y el 18 % se mantuvo mal como se muestra en la Figura 6.

Esta sección ocupa un lugar intermedio entre los tres conglomerados si consideramos los porcentajes de *Mejoraron* y *No cambiaron* y *son acertadas* (P.3 80 %; P.4 50 %; P.5 77 % y P.7 80 %).



**FIGURA 6.** Frecuencias totales de las categorías de las respuestas del conglomerado 2.

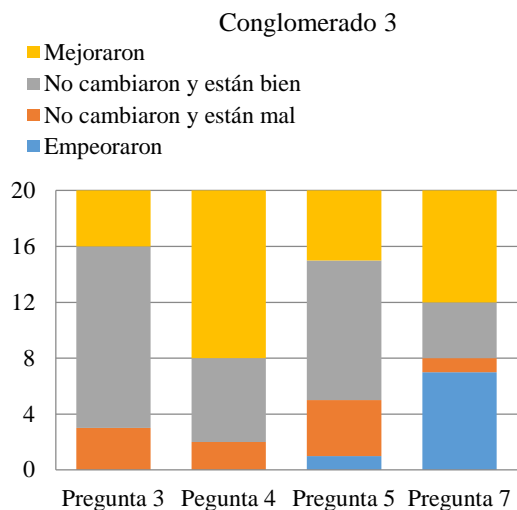


**FIGURA 7.** Frecuencias totales de respuestas adecuadas e inadecuadas de las cuatro preguntas en el pretest y el postest del conglomerado 2.

En la Figura 7 se aprecia que en el postest hubo un 70 % de respuestas adecuadas y un 30 % de inadecuadas, contra un 60 % de respuestas adecuadas y 40 % de inadecuadas en el pretest. Este resultado implica una mejoría significativa en los estudiantes, lo cual se refleja en el 46 % de respuestas que mejoraron y el 25 % que se mantuvieron bien, contra el 30 % de la que empeoraron o se mantuvieron mal, lo cual puede considerarse un avance en el aprendizaje de los alumnos.

### IV.C Conglomerado 3

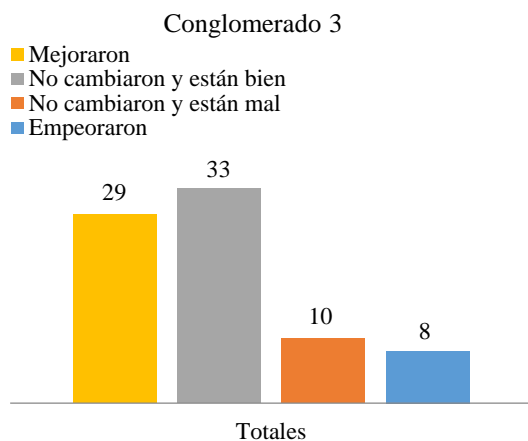
Este conglomerado es de 20 alumnos, siendo el 30.8 % del total de la población. Se caracteriza por presentar la mínima cantidad de respuestas que empeoraron o que no cambiaron y que desde el inicio estaban mal. La distribución de las respuestas de los alumnos clasificadas de acuerdo a las categorías descritas y por pregunta, se presentan en la Figura 8.



**FIGURA 8.** Frecuencias por pregunta y categoría del conglomerado 3.

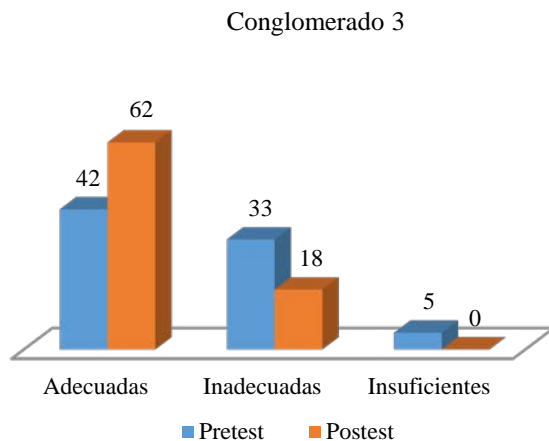
En este conglomerado mejoraron el 36 % de las respuestas, un 41 % no cambio pero tuvieron respuestas adecuadas en el pretest, el 12 % tuvieron respuestas inadecuadas en ambos test y el 10 % empeoró. Como se aprecia en la Figura 9.

Se puede afirmar que este grupo es el de mejores resultados si consideramos los porcentajes de *Mejoraron* y *No cambiaron y son acertadas* (P.3 85 %; P.4 90 %; P.5 75 %; y P.7 60 %).



**FIGURA 9.** Frecuencias totales de las categorías de las respuestas del conglomerado 3.

En la Figura 10 se muestra una comparación de los resultados totales entre el pretest y el postest.



**FIGURA 10.** Frecuencias totales de respuestas adecuadas, inadecuadas e insuficientes de todas la preguntas del pretest y postest de la sección 3.

En la Figura 10 se aprecia que en el postest hay 77 % de respuestas adecuadas y 22 % de respuestas inadecuadas contra 52 % de respuestas adecuadas y 47 % de inadecuadas en el pretest.

Este resultado implica una mejora significativa en el aprendizaje de los estudiantes de este conglomerado, sobre todo considerando que en las respuestas mejoraron en un 36 % contra un 10 % de las que empeoraron.

La característica de este conglomerado consiste en que el 42.5 % de las respuestas es de estudiantes que ya tenían un buen conocimiento en sus conceptos de modo que sólo los confirmaron en el postest. Si unimos este porcentaje con los que mejoraron llegamos al 77 % de respuestas buenas en el postest. Otra característica es que tiene el menor porcentaje de respuestas desfavorables (22.5 %). Se puede notar que en las preguntas 3, 5 y 7 sólo hubo una respuesta que empeoró.

### IV.D Integración de resultados

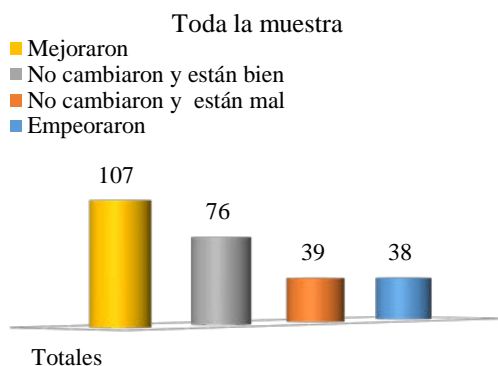
Los resultados totales de los tres conglomerados se resumen en la tabla I y en las Figuras 11 y 12, en las que se aprecia que 42 % de las respuestas mejoraron en el postest en comparación con el pretest, con un desafortunado o indeseable 14 % de respuestas que empeoraron, siendo las de mayor frecuencia las preguntas que se refieren al objeto que llega primero hasta a bajo de la rampa y a los factores que determinan la velocidad final de un cuerpo en caída libre.

Es relevante resaltar que en todas las preguntas hubo un 41 % de mejoras en promedio en los tres conglomerados.



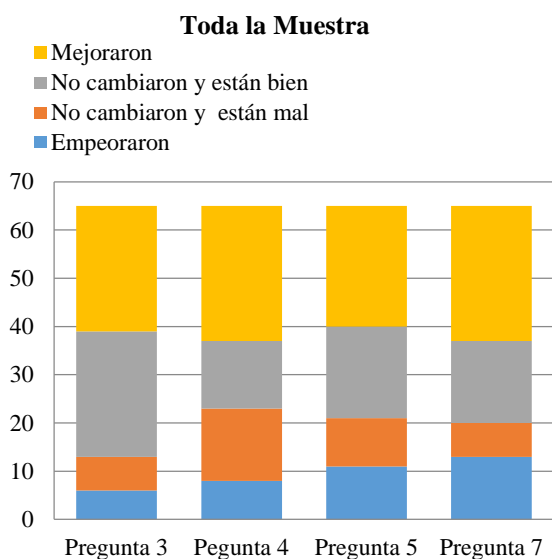
**TABLA I.** Frecuencias totales de las categorías de las respuestas en toda la población.

| Categoría                 | Pregunta |    |    |    | Totales | %     |
|---------------------------|----------|----|----|----|---------|-------|
|                           | 3        | 4  | 5  | 7  |         |       |
| Empeoraron                | 6        | 8  | 11 | 13 | 38      | 14.62 |
| No cambiaron y están mal  | 7        | 15 | 10 | 7  | 39      | 15.00 |
| No cambiaron y están bien | 26       | 14 | 19 | 17 | 76      | 29.23 |
| Mejoraron                 | 26       | 28 | 25 | 28 | 107     | 41.15 |
| Totales                   | 65       | 65 | 65 | 65 | 260     | 100   |



**FIGURA 11.** Frecuencias totales de las cuatro preguntas de toda la muestra.

En forma general se aprecia que el 70 % de todas las respuestas de la muestra expresan ideas adecuadas, ya sea porque mejoraron o porque tenían ideas correctas y los confirmaron en el postest.



**FIGURA 12.** Frecuencias totales por pregunta y categoría de toda la muestra.

*Movimiento debido a la gravedad. Una experiencia multirepresentacional...*

De la revisión de las respuestas de los estudiantes en el pretest y el postest se desprende lo siguiente. Que las preguntas que denotan una mayor complicación son las que se refieren a: la descripción del movimiento de caída de los cuerpos (P. 4); muchos estudiantes confunden la velocidad de caída con la aceleración constante; en otros casos si bien reconocen que el aire afecta la caída, confunden que alcanzar la velocidad terminal se debe a una reducción en la velocidad y no a que la aceleración se reduce a cero.

Con relación a los factores que determinan la velocidad final de caída (P. 5), es amplia la dependencia que los estudiantes le atribuyen a la masa y al peso (no presentan una clara diferencia entre peso y masa). Es conocido por múltiples investigaciones que esta concepción es difícil de modificar [2] y [8], sin embargo, esto se logró de manera significativa con la secuencia aplicada.

Sobre los objetos que bajan en el plano inclinado (P. 7) la dificultad que se presenta en esta pregunta probablemente se deben a lo complejo que resulta para los alumnos comprender el proceso dinámico y cinético del movimiento rotacional, como es el caso de integrar la parte traslacional con la rotacional que depende del momento de inercia de cada objeto. Esto implica el cambio conceptual para dejar de darle importancia a la masa y al peso para considerar y concebir ese nuevo concepto para ellos.

La pregunta menos problemática resulta P. 3 que corresponde a la influencia que tiene la forma de los cuerpos en su caída. La mayoría de los estudiantes (40 % en el pretest y 40 % en el postest) presentan concepciones razonables, si bien no con la precisión que sería deseable.

Así, los estudiantes reconocen que la forma de los cuerpos es relevante cuando el movimiento es en un fluido como el aire, ya sea porque formas que consideran “aerodinámicas”, como dicen “cortan” el aire con facilidad, o porque de ella depende la fricción o resistencia con el aire. Otra idea complementaria que expresan es que en el vacío no tiene importancia la forma.

**V. CONCLUSIONES**

De acuerdo con los resultados obtenidos al aplicar la secuencia didáctica “Movimiento debido a la gravedad” hubo un aprendizaje favorable de los estudiantes ya que en las respuestas de las preguntas seleccionadas del cuestionario un alto porcentaje corresponden a la categoría “Mejoraron” es decir sus respuestas en el postest fueron adecuadas al menos parcialmente para explicar el problema que se les plantea y, desde luego, mejores a lo expuesto en el pretest.

Con relación a la categoría “No cambiaron y están bien” otro porcentaje importante corresponde a estudiantes que en su pretest ya mostraban concepciones adecuadas y en el postest sólo los ratificaron, en este caso la secuencia didáctica permitió reafirmar sus conocimientos.

Hay que enfatizar que el 70 % del total de las respuestas de las preguntas seleccionadas están en estas dos categorías.

El resto de las respuestas fueron clasificadas como inadecuadas ya que, en el caso de los que empeoraron, si

Jesús Manuel Cruz-Cisneros et al.

bien tenían respuestas aceptables en el pretest, en el postest no mostraron mejoría sino retroceso, lo que corresponde al 14 % de las respuestas.

La secuencia se desarrolló en un ambiente de reflexión y análisis de las ideas de los alumnos, motivado por los retos y cuestionamientos que planteaba el profesor, integrando las actividades experimentales (con el uso de sensores y de video) y con simuladores en un entorno multirepresentacional. Debido a estos apoyos tecnológicos las actividades experimentales podían ser replanteadas y, como eran breves y fáciles de hacer, los alumnos exploraron las diversas alternativas que planteaban. De manera similar, ocurrió durante la realización de simulaciones en las que se probaban situaciones difíciles o imposibles de lograr con el experimento. Estos recursos permitieron incorporar nuevos elementos de representación que favorecieron un mejor aprendizaje.

El cambio desafortunadamente no fue positivo en todos los casos, pues no se logró modificar sus ideas previas, hecho en parte esperado debido a la dificultad de lograr el cambio conceptual en todos los estudiantes como ha sido reportado en múltiples artículos.

Desde otro punto de vista cabe señalar que utilizar los recursos tecnológicos de los nuevos laboratorios permitió que los estudiantes desarrollaran con facilidad sus experimentos y usaran los programas de simulación sin problemas dado que la mayoría de ellos mostraron destreza en su uso sin necesidad de una capacitación o de dedicar mucho tiempo en clase para que aprendieran a utilizarlos.

Es importante decir respecto a los simuladores que estos de ninguna manera sustituyen a la experimentación en el laboratorio sino que son un complemento para ello pero si es importante usarlos pues apoyan de manera relevante la construcción de marcos multirepresentacionales.

## AGRADECIMIENTOS

Dra. Elvia Perrusquía-Máximo, Dra. Elena Calderón-Canales y QFB Sheila Sánchez Lazo-Pérez por sus valiosos comentarios y sugerencias.

## REFERENCIAS

[1] UNAM-Escuela Nacional Preparatoria. *Planes de estudio*. Disponible en: <http://dgenp.unam.mx/planesdeestu>

dio/cuarto/1401.pdf. & <http://dgenp.unam.mx/planesdeestudio/sesto/1611.pdf>. UNAM-Colegio de Ciencias y Humanidades. Disponible en: [http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/plan\\_estudio](http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/plan_estudio)

/mapa\_fisica.pdf, para Física I y Física III.

[2] UNAM, *Ideas previas*. Disponible en: <http://ihm.ccadet.unam.mx/ideasprevias/>. Consultado el: 30 de enero de 2013.

[3] Cruz-Cisneros J. M. et al., Secuencia didáctica Movimiento debido a la gravedad, En: Covarrubias M. H. et al. (Coords.), *Secuencias didácticas de Física para los laboratorios de ciencias del Bachillerato UNAM 25-63*, (Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial, UNAM, México, 2011).

[4] Flores, F. & Gallegos, L., *Laboratorio de Ciencias para el Bachillerato UNAM (Fundamentos Educativos)*. Una propuesta didáctica para el trabajo en el laboratorio de los bachilleratos universitarios, Documento de trabajo del Grupo de Cognición y Didáctica de las Ciencias del CCADET, para el proyecto: Laboratorio de Ciencias para el Bachillerato, 43 pp. (2009). Disponible en: <http://www.laboratoriosdeciencias.unam.mx/sites/default/files/fundamentos%20LaboratorioF.pdf>

[5] Covarrubias M. H. et al., *Secuencias didácticas de Física para los laboratorios de ciencias del Bachillerato UNAM, 16*, (Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial UNAM, México, 2011).

[6] Savinainen, A., Nieminen, P., Mäkyne, A. & Viiri, J., *Teaching and evaluation materials utilizing multiple representations in mechanics*, *Physics Education* **48**, 372-377 (2013).

[7] Van Heuvelen, A. & Zou, X. L. *Multiple representations of work-energy processes*, *Am. J. Phys.* **69** 184-194 (2001).

[8] Hierrezuelo, J. & Montero, A., *La ciencia de los alumnos*, Ediciones LAIA/MEC, Barcelona, 1979). & Vienot, L., *Spontaneous reasoning in elementary dynamics*, *Eur. J.Sci. Educ.* **1**, 205-221 (1979). & Whitaker, R. J., *Aristotle is not dead: student understanding of trajectory motion*, *American Journal of Physics* **51**, 352-357 (1983). & Driver, R., Guesne, E. & Tiberghien, A., *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*, (MEC/Morata, Madrid, 1989).

[9] Stat Soft, *STATISTICA for Windows*. [Computer program manual]. (Stat Soft, Tulsa, 1998). <http://www.Statsoft.com>.