

EXPERIMENTACIÓN Y CONCEPTUALIZACIÓN EN EL AULA DE CIENCIAS: EL MEDIODÍA SOLAR

Fabiana Prodanoff¹ ; Patricia Knopoff²

¹IEC, Facultad Regional La Plata, Universidad Tecnológica Nacional,

²Universidad Nacional de La Plata

koyatun@yahoo.com.ar

Resumen

En el presente trabajo se presenta la experiencia realizada en una escuela pública de la Provincia de Buenos Aires la cual consistió en la ejecución de una secuencia didáctica donde se pretende que los alumnos logren la conceptualización del **mediodía solar**. Este es un concepto astronómico que se requiere para la realización del Proyecto Eratóstenes de medición del Radio Terrestre. La deficiencia sobre este tema en la población en general y en los alumnos de escuela media en particular, fue tratada por varios autores como también las autoras han detectado en años anteriores.

Se trata de una secuencia de preguntas abiertas, semicerradas y cerradas que propician la discusión grupal, seguida de una experiencia de campo con globo terráqueo paralelo que favorece mediante la experimentación de los estudiantes la conceptualización pretendida.

Palabras clave: mediodía solar – didáctica de la astronomía – movimientos relativos Tierra-Sol – globo terráqueo paralelo

1. Introducción.

El presente trabajo surge a partir de la participación reiterada, por parte de quienes suscriben, en el Proyecto Eratóstenes⁹⁶, en el cual se realizan mediciones de sombras durante el mediodía solar. Habiendo observado que la población de estudiantes en términos generales desconoce el concepto mencionado y, relevado desde la literatura pertinente de numerosos estudios precedentes, que la población en general (Navarrete, 2004), de edades diversas así como de diverso nivel de formación educativa, presenta deficiencias en sus formulaciones respecto de los movimientos relativos del sistema Tierra-Sol fue que se resolvió estructurar una secuencia didáctica que a partir de la experimentación promueva la conceptualización del tema de referencia. (Manjarrez, J.A, 2011).

El objetivo fue, entonces, lograr una conceptualización del mediodía solar por parte de los alumnos a fin de proceder con una base conceptual fuerte a la ejecución del Proyecto Eratóstenes con el grupo de referencia.

2. Marco teórico.

El reconocimiento de que la sola comunicación de los conceptos y de las leyes de una ciencia no basta para que el alumno pueda modificar sus estructuras conceptuales intuitivas, que va creando a partir del discurso académico, hace que actualmente se promueva priorizar en la tarea docente la elaboración de secuencias que permitan incentivar que el alumno forme parte activa de la construcción de su propia conceptualización.

⁹⁶ Página oficial del evento: <http://difusion.df.uba.ar/Erat/InstructivoEratostenes2011.pdf>

Las nociones físicas suelen proponerse a los estudiantes de la escuela media sin cuestionamiento alguno -lo que implica una naturalización del saber-, ocultando las características esenciales del conocimiento científico y transmitiendo una visión pobre de la Ciencia

Un factor esencial que impide el proceso de conceptualización que debería producirse en la escuela secundaria, es que los alumnos no son enfrentados a clases de situaciones apropiadas para producir conceptualizaciones complejas.

Los alumnos se basan en su conocimiento implícito para reconstruir el conocimiento científico explícito que la enseñanza pretende, siendo este un proceso progresivo y de largo plazo.

La realización de experimentos en la escuela es importante porque permite la manipulación sobre eventos físicos por parte de los alumnos, a la vez que los enfrenta y desafía a generar posibles experiencias confirmadoras o refutadoras de hipótesis creadas por ellos. Este contexto brinda a los alumnos amplias posibilidades de actuar, percibir, explorar, argumentar, formular conjeturas, en síntesis de construir progresivamente conceptos físicos.

La conceptualización y el dominio progresivo de un campo conceptual están directamente ligados a la clase de situaciones que el estudiante debe enfrentar. La Teoría de los Campos Conceptuales propuesta por Vergnaud entiende a la conceptualización como la piedra angular del desarrollo cognitivo. (Vergnaud, 1990)

3. Estado actual del tema de referencia.

Los conceptos que se pretenden introducir con la presente experiencia corresponden a contenidos que han sido retirados de los Diseños Curriculares de la Educación Secundaria en la Provincia de Buenos Aires⁹⁷. Sólo permanece una introducción a temas relativos a la Astronomía, que incluye movimientos relativos Tierra-Sol, en los últimos años de la Escuela Primaria, momento en el cual el estudiante no ha alcanzado el desarrollo cognitivo adecuado para la conceptualización de conceptos tan abstractos y anti-intuitivos como los que se pretende tratar. Además, existen estudios previos que muestran una inadecuada conceptualización por parte de los docentes de Escuela Primaria, los cuales reproducen errores conceptuales en los estudiantes con el agravante de tener la fuerza de la palabra “sabia” para el alumno (Camino, 1995; Fernández Nistal, 2007; Fernández Nistal, 2008; Gangui, A, 2010).

4. Descripción del grupo donde se ejecutó la experiencia.

El trabajo se realizó en un cuarto año de escuela Secundaria pública de la ciudad de La Plata (provincia de Buenos Aires). El curso cuenta con 24 alumnos de ambos sexos, de edades comprendidas entre los 16 y 18 años. La escuela tiene orientación Artística (Música) por lo cual éste es el último año en el que los alumnos se acercan a la Física. Los alumnos eran conocedores del hecho de que participarían en el Proyecto Eratóstenes, mediante el cual se hace la medición del radio terrestre en trabajo colaborativo con cientos de escuelas de Latinoamérica y que para ello se discutirían algunas cuestiones o conocimientos, previo a la realización del mismo.

⁹⁷ <http://abc.gov.ar/lainstitucion/organismos/consejogeneral/disenioscurriculares/>

5. Descripción general de la experiencia

La experiencia consistió en realizar una serie de preguntas abiertas, semicerradas y cerradas que los alumnos responderían en grupos a fin de generar la discusión sobre los temas que se fueran planteando. Esta serie inicial de preguntas opera generando en los grupos la duda, el conflicto, el interés en el tema.

Se dividió el curso en grupos de cuatro alumnos, siendo un total de seis grupos, y la consigna general fue trabajar desde el conocimiento personal previo, sin recurrir a textos ni ningún otro método de acceso a la información. Cada una de las preguntas se debatió en el interior de cada grupo y debió ser ponderada por el mismo grupo respecto del nivel de seguridad con el cual se estaba respondiendo cada ítem, según la escala **totalmente seguro / seguro / poco seguro / no tengo ni idea**.

Posteriormente, se hizo una puesta en común y se generó un debate en el cual participaron libremente todos los alumnos, presentando y defendiendo sus propias posturas y escuchando y argumentado sobre las posturas de los demás.

Finalmente se realizó una experiencia de campo en el patio de la escuela, donde se realizó una observación del movimiento de las sombras sobre un globo terráqueo paralelo y su correlación en un gnomón colocado en el piso (Gangui, A. 2009).

Se cerró el trabajo con un cuestionario, de carácter individual, de preguntas cerradas y semicerradas con ponderación, con el cual se evaluó si la conceptualización que se pretendía alcanzar fue lograda en cada alumno en particular.

6. La encuesta inicial.

La encuesta se inicia con una serie de preguntas referidas al movimiento diurno del sol considerando un sistema de referencia centrado en el observador.

Luego se ejecutan un grupo de preguntas cerradas y semicerradas con ponderación, introduciendo intencionalmente los términos “mediodía solar”, “mediodía”, “día” y “noche”, sin ningún tipo de definición formal previa y con cierto grado de ambigüedad, a fin de generar el conflicto cognitivo.

Se solicita en esta instancia que cada grupo defina el concepto “mediodía”, sin mayores restricciones, es decir sin aclarar si se está hablando de *mediodía solar* o de *mediodía local*.

Durante toda esta etapa el docente no da respuestas ni indicaciones de ningún tipo a los estudiantes; la consigna es discutir internamente en cada grupo y en voz baja para no interferir con otros grupos.

7. Análisis de las respuestas a la encuesta inicial.

a. Lugar de salida del sol: cinco grupos dicen que sale por el Este y que esto no depende del momento del año. Un grupo dice que el Sol sale por el Norte y que esto depende del momento del año.

b. Definición de *mediodía* y duración del día: en el siguiente cuadro se sintetizan las respuestas:

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6
Hora en que el Sol alcanza el punto más alto	12	12	12	Mediodía	15-16 hs	Mediodía
Horas desde el amanecer hasta el mediodía	7	6	6	5	7	12

Horas desde el mediodía hasta el atardecer	6	8	8	8	3	Depende de la estación
Duración del día	24	12	24	12	24	24
Duración de la noche	17	12	12	12	12	9
Definición de mediodía	Mitad del día	El sol llega al punto mas alto	Mitad del día	Mitad del día	Mitad del día	Mitad del día

Cuadro 1: respuestas a la encuesta inicial

Se observa que no hay consistencia interna entre las respuestas, los estudiantes dan respuestas intermedias entre el *saber común* y el *saber académico*. No relacionan las preguntas entre sí para obtener una respuesta coherente, como si cada uno de los ítems fuera independiente de los demás.

Además se observa que varios grupos interpretan *duración del día* como el tiempo de una rotación completa de la Tierra (24 horas), sin reparar que la siguiente pregunta se refiere a la *duración de la noche*.

c. Mediodía Solar: ante la formulación de preguntas como “*el mediodía solar coincide con el mediodía del reloj*” y “*el mediodía solar es la hora de comer*”, responden tanto afirmativa como negativamente en partes iguales, pero todos los grupos ponderan sus respuestas con **no muy seguro**.

8. El trabajo en el patio.

El trabajo en el patio se realizó en un día de sol pleno, en una hora cercana al mediodía civil.

Se contaba con un globo terráqueo de movimiento de rotación libre a 360°, una esfera de telgopor de aproximadamente 20 cm de radio atravesada diametralmente con una varilla, en la que se marcó el Ecuador en el círculo máximo ortogonal a la varilla; una estaca sobre una placa de telgopor (gnomón al piso), alfileres, cintas métricas, marcadores y demás instrumentos auxiliares.

Se determinaron con una brújula los puntos cardinales en el patio de la escuela y se observó la posición del Sol, estableciendo que se encontraba en el cielo en un punto intermedio entre Norte y Este, más cercano al Norte.

Se posicionó el globo terráqueo en la posición de **globo terráqueo paralelo**. Esto significa que debe reproducir la posición que tiene en ese momento el planeta respecto del observador, de forma tal que el globo paralelo quedará con la ubicación del observador (La Plata, en nuestro caso) hacia arriba y el eje de rotación en la dirección Norte-Sur, con los polos acompañando a sus respectivos puntos cardinales. Luego, se reprodujo esta configuración con la esfera de telgopor, estableciendo o nombrando a uno de los extremos de la varilla que lo atraviesa como *polo norte* y el otro extremo como *polo sur*. Se reprodujo sobre la esfera la localización de la ciudad de La Plata siguiendo la posición en que quedó el globo terráqueo paralelo, clavando un alfiler en dicho punto. Además, se colocaron otros alfileres en distintos lugares de la esfera correspondientes a puntos de diferentes países en longitudes y latitudes variadas.

En este momento se tomaron las dimensiones del gnomón, al tiempo que las del alfiler “local” en la esfera y sus respectivas sombras. Se observó que la proporcionalidad y posición relativa dada entre cada objeto y su sombra era similar para el gnomón, el

alfiler “local” y la sombra de uno de los estudiantes respecto de su altura; en tanto, esto no era así para los demás alfileres colocados sobre la esfera de telgopor, observándose sombras de diferentes tamaños y en variadas posiciones.

En el gnomón al piso se observó que la sombra iba disminuyendo rápidamente su tamaño, al tiempo que se desplazaba de Oeste a Sur, es decir que el Sol se estaba desplazando desde su posición inicial hacia el Norte.

9. Análisis de la observación en el patio.

Se observó que el globo terráqueo paralelo ofrece la posibilidad de visualizar la sombra de un objeto en cualquier lugar del planeta en ese momento. A su vez, se relacionó la posición y tamaño de la sombra con la posición del Sol.

Se observó que las sombras *locales* se reducían de tamaño y *giraban* en sentido antihorario. Se realizó una experiencia mental debatiendo respecto de los horarios de salida y puesta del Sol en las diferentes épocas del año (el día es más corto en invierno, pero el Sol se mueve en el cielo a la misma velocidad siempre, ya que en realidad es la Tierra la que gira, etc) y se concluyó que el lugar de salida y puesta no puede ser el mismo durante todo el año.

Se concluyó también que el Sol llegaría a su punto más alto (se definió así al **mediodía solar**) cuando se encontrara sobre el Norte y que la sombra del gnomón/alfiler/estudiante en ese momento sería mínima y dirigida exactamente hacia el Sur.

Además se discutió si era posible que en algún momento un objeto no hiciera sombra al mediodía, concluyendo que para esta latitud eso no es posible.

Se observó que hay ciertos puntos de la Tierra donde *no saldría el Sol* (por debajo del Círculo Polar Antártico, en nuestro caso) y otros donde *el Sol no se pone*. Esto se logra haciendo girar la varilla del globo terráqueo paralelo, manteniéndola paralela al eje de rotación paralela. También se observó que en el hemisferio Norte, las sombras se forman diametralmente opuestas.

10. Análisis de las preguntas finales.

Para la evaluación final de la secuencia se realizó una encuesta de cierre de carácter individual. Consta de una serie de preguntas abiertas y cerradas con ponderación, entre las que se incluye la definición de mediodía solar.

La cantidad total de estudiantes evaluados es de 24.

En el siguiente cuadro se resumen las respuestas referidas a movimiento del Sol y mediodía.

En la columna *pond* se ingresa un valor de ponderación (nivel de seguridad con que respondió el estudiante), considerando la siguiente escala: **Totalmente seguro: 3 puntos; Seguro: 2 puntos; Poco seguro: 1 punto; No tengo ni idea: 0 puntos.**

En la columna *máxima seguridad* se indica el puntaje máximo que hubieran sumado esa cantidad de estudiantes de haber respondido todos con *total seguridad* (tres puntos por cada respuesta).

En la columna *porcentual* se indica el porcentaje que corresponde al valor de la columna *pond* respecto de la columna *máxima seguridad*. Esto es, si se considera a todas las respuestas como la respuesta única de un estudiante promedio, esta columna indica el grado de seguridad con el cual está dando esa respuesta.

	respuesta esperada	Correctas	pond	máxima seguridad	Porcentual	Incorrectas	pond	máxima seguridad	porcentual
¿Por dónde sale el Sol?	noreste	12	30	36	83,33	12	28	36	77,78
En un día soleado, se clava una estaca en el patio al mediodía. ¿Hace sombra?	si	21	38	63	60,32	3	0	9	0
El mediodía de un reloj de sol ¿coincide con el mediodía del reloj?	no	13	31	39	79,49	11	22	33	66,67
¿Hacia qué punto cardinal se forma la sombra en un reloj de sol durante el mediodía?	sur	11	19	33	57,58	13	15	39	38,46
Da una definición para MEDIODIA SOLAR	el momento en que el sol esta en el punto mas alto, o en el norte	11	25	33	75,76	13	19	39	48,72

Cuadro 2: respuestas a la encuesta final

Tomando este criterio de evaluación cuantitativa se observa en la tabla que, a pesar que las respuestas en valores numéricos se encuentran repartidas prácticamente por igual tanto entre respuestas correctas como incorrectas, las respuestas correctas tienen un grado mayor de seguridad.

Además, haciendo un análisis global de las respuestas, alumno por alumno, se observó una consistencia interna fuerte. Esto en tanto que las respuestas contenidas en la columna de respuestas *correctas* pertenecen a un mismo grupo de estudiantes; es decir que aquellos estudiantes que lograron conceptualizar adecuadamente el tema que se pretendía, lo hicieron con coherencia y consistencia. En tanto que aquellos que responden incorrectamente responden *coherentemente*, es decir que corresponden en todos los ítems a la columna de respuestas *incorrectas*.

11. Evaluación de la experiencia

Se concluye que con la secuencia didáctica ejecutada se logró un alto grado de conceptualización en el grupo de estudiantes (más del 50% del grupo total).

Se estima que el grupo que no logró su conceptualización pudo estar afectado por:

- Elevado índice de ausentismo (son alumnos que no participaron de la secuencia completa, que fue realizada en varios días).
- Alumnos que corresponden a programas de aplicación de contenidos mínimos por estar comprendidos en plan de retención escolar (cuatro casos).

Los conceptos involucrados en la presente experiencia son conceptos de alto grado de abstracción y que se contraponen a la experiencia cotidiana de las personas. En concordancia con los estudios previos realizados por otros autores se releva una carencia importante en la población respecto de lo que concierne a ubicación geográfica, movimientos relativos Tierra-Sol, etc. (De Manuel, 1995; Martínez Sebastia, 2004).

La complejidad de los conceptos involucrados requeriría para su adecuada conceptualización un tratamiento prolongado y progresivo, imposible de llevar a cabo en la clase de la escuela Secundaria en tanto estos contenidos permanezcan fuera de los Diseños Curriculares (Gangui, 2008).

12. Referencias

- Camino, N. (1995). Ideas previas y cambio conceptual en astronomía. Un estudio con maestros de primaria sobre el día y la noche, las estaciones y las fases de la luna. *Enseñanza de las Ciencias, Vol 13, No. 1, pp 81-96*
- De Manuel, J. y Montero, A (1995). Dificultades en el aprendizaje del modelo Sol-Tierra. Implicaciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, (3.2), 91-101*.S.S.N.: 1132-9157
- Fernandez Nistal, M. T. *et al* (2007). Concepciones de maestros de primaria sobre el día y la noche y las estaciones del año. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, Vol XXXVII, Num 3-4, pp 189-220.*
- Fernández Nistal, M. T. y Peña, S. H. (2008). Concepciones de maestros de primaria sobre el planeta Tierra y gravedad. Implicaciones en la enseñanza de la ciencia. *Revista electrónica de investigación Educativa, Vol 10, No. 2*
- Gangui, A. *et al* (2010). Indagación llevada a cabo con docentes de primaria en formación sobre temas básicos de Astronomía. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Vol. 9 No.2, pp 467-486*
- Gangui, A. (2009). El movimiento de las sombras. Una propuesta de trabajo para la escuela secundaria. *Ciencia hoy, Vol 19 núm 110*
- Gangui, A. (2008). El movimiento de los cielos. Una propuesta pedagógica para docentes de la escuela secundaria. *Ciencia hoy, Vol 18 núm 106*
- Manjarrez, J.A. *et al* (2011). Ideas previas de estudiantes de Bachillerato sobre el movimiento del planeta Tierra y su relación con la visión teleológica. *Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol 5, No. 1, March 2011, ISSN 1870-9095*
- Martínez Sebastia, B (2004). La enseñanza/aprendizaje del modelo Sol-Tierra: análisis de la situación actual y propuesta de mejora para la formación de los futuros profesores de primaria. *Revista Latino-Americana de Educacao em Astronomia – RELEA, No. 1, pp 7-32*
- Navarrete, A. *et al* (2004). Algunas interpretaciones sobre el fenómeno de las estaciones en niños, estudiantes y adultos: revisión de la literatura. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, Vol 1 No. 3, pp 146-166, ISSN 1697-011X*
- Vergnaud, G. (1990) La teoría de los campos conceptuales. *Recherches en Didactique des Mathématiques, Vol10 n°2,3,pp 133 – 170.*