

# CONCEPCIONES ALTERNATIVAS DE FUTUROS MAESTROS SOBRE LA NATURALEZA DE LAS MAREAS

Diego Corrochano Fernández, Alejandro Gómez-Gonçalves, Lina Viviana Melo  
*Universidad de Salamanca*

Juan Sevilla Álvarez  
*Universidad de Oviedo*

**RESUMEN:** En este trabajo se analizan las ideas previas de futuros maestros sobre la comprensión y el origen de las mareas. El estudio se basa en los datos de una muestra de alumnos de los grados de Maestro en Educación Infantil y Maestro en Educación Primaria (n=59) obtenidos a través de un cuestionario abierto. Los resultados sugieren que los estudiantes reconocen que el fenómeno está relacionado con la atracción gravitatoria de la Luna sobre nuestro planeta, aunque la mayoría muestran dificultades a la hora de representar un modelo a escala planetaria explicando el origen del fenómeno.

**PALABRAS CLAVE:** ideas previas, mareas, maestros en formación, sistema Sol-Tierra-Luna.

**OBJETIVO:** Analizar las concepciones alternativas de un grupo de maestros en formación (Grados en Maestro de Educación Primaria e Infantil) sobre el significado y la naturaleza de las mareas.

## MARCO TEÓRICO

Las ideas previas o concepciones alternativas que tienen los estudiantes constituyen el punto de anclaje para el aprendizaje de nuevos conocimientos. Es decir, el conocimiento que un alumno ya posee desempeña un papel fundamental en aquello que es capaz de aprender. En las últimas décadas se ha desarrollado una amplia gama de investigaciones en enseñanza de las ciencias sobre las ideas o concepciones alternativas que ha producido una cantidad considerable de contribuciones. Algunos trabajos evidencian que muchas de estas ideas previas tienen que ver con la experiencia personal de los alumnos, son universales, espontáneas, persistentes en el tiempo, muestran cierta coherencia interna y, a menudo ofrecen, de algún modo, un paralelismo con ideas que estuvieron vigentes a lo largo de la historia de la ciencia (Martín del Pozo *et al.*, 2013). Son abundantes las investigaciones dedicadas a analizar las concepciones alternativas sobre algunos fenómenos relacionados con el sistema Sol-Tierra-Luna, como los conceptos de día y noche, año, estaciones y fases de la Luna (ver recopilación en Kanli, 2015), pero apenas hay trabajos que hayan tratado de aclarar la comprensión de un fenómeno cotidiano como es el de las mareas.

Tomando como referencia uno de los escasos estudios que se han acometido en esta línea, como es el desarrollado por Viiri (2000) en Finlandia con estudiantes de enseñanza media y superior universitaria, en el presente trabajo se analizan las concepciones alternativas que muestran los estudiantes de magisterio sobre las mareas, haciendo especial hincapié en la disposición espacial y los movimientos

relativos de los tres astros implicados en el fenómeno. Conviene recordar que, en España, el proceso de enseñanza-aprendizaje del mismo se inicia en el quinto curso de Educación Primaria (10-11 años de edad) dentro del área curricular de las Ciencias Sociales.

## METODOLOGÍA

Para llevar a cabo este estudio se ha planteado un cuestionario abierto en el que se preguntaba qué son las mareas y cuáles son las causas que las originan, y se solicitaba “la elaboración de un esquema o dibujo ilustrativo desde un punto de vista global” para expresar las ideas de un modo gráfico. La población muestreada se compone de 59 alumnos voluntarios del Grado en Maestro de Educación Primaria (n=38) y del Grado en Maestro en Educación Infantil (n=21) de la Comunidad Autónoma de Castilla y León. Conviene advertir que el fenómeno de las mareas no se había trabajado previamente en el aula durante el curso.

Las respuestas obtenidas se han ordenado en cuatro categorías como se muestra en la Tabla 1. Algunas representaciones de los estudiantes y las correspondientes categorías asignadas se ilustran en la Figura 1. La categoría A (la más adecuada desde un punto de vista científico) reúne a quienes representaron el sistema Sol-Tierra-Luna en el espacio e identificaron y dibujaron dos abultamientos o pandeos mareales (Fig. 1a). En la categoría B se encuadran los alumnos que representaron en el espacio el modelo (Fig. 1b), pero únicamente dibujaron un pandeo mareal (por tanto, se trata de una representación no coherente para explicar el modelo mareal semidiurno de nuestras costas). La categoría C corresponde a aquella en la que los estudiantes dibujaron las mareas desde un punto de vista local (línea de costa), haciendo hincapié en uno de los efectos del fenómeno (ascensos y descensos del nivel del mar), (Fig. 1c-d). Finalmente, la categoría D engloba los cuestionarios en los que no fue realizado ningún dibujo o este era no representativo.

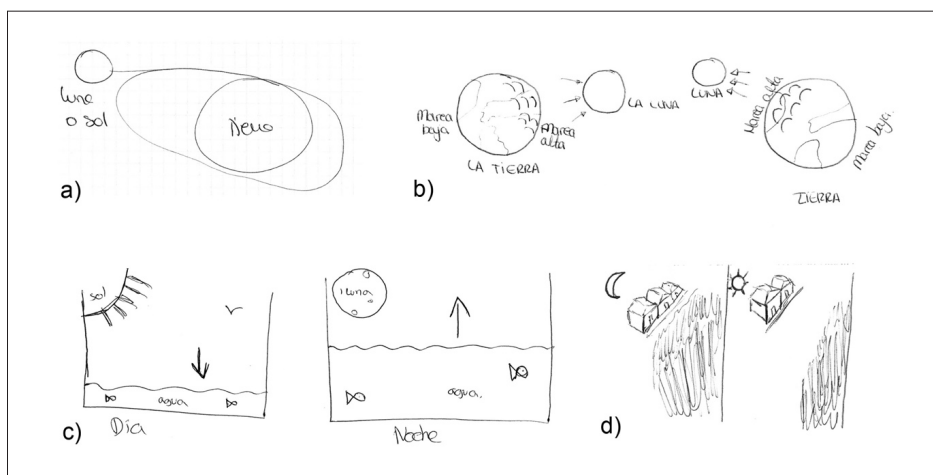


Fig. 1. Representaciones de los alumnos sobre el fenómeno de las mareas y sus causas, y categorías y subcategorías de comprensión conceptual definidas en el presente trabajo. a) categoría A; b) categoría B; c) y d) categoría C.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos se resumen en el Gráfico 1. Un 74,5% de los alumnos encuestados (categorías A, B, C1, D1) aparentemente conoce que el origen de las mareas tiene que ver con la atracción de la

Luna y el Sol sobre la Tierra. Pero sólo el 5% del total (3 alumnos) representó esquemáticamente el fenómeno en un modelo espacial del sistema Sol-Tierra-Luna; únicamente dos de estos tres alumnos (3,4% de la muestra total), representaron los dos pandeos mareales que tienen lugar aunque no señalaron que la causa de los ciclos mareales está relacionada con la heterogeneidad del campo de atracción gravitatorio de la Luna (la respuesta científicamente correcta para explicar el fenómeno).

Tabla 1.  
Categorías y subcategorías de comprensión conceptual sobre la naturaleza y el origen de las mareas, según la clasificación del presente trabajo.

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA
A. Modelo global (dos abultamientos mareales)	Dos abultamientos mareales y atracción gravitatoria de la Luna y el Sol
B. Modelo global (un abultamiento mareal)	Un abultamiento mareal y atracción gravitatoria de la Luna y el Sol
C. Modelo local (línea de costa)	C1: Línea de costa y atracción gravitatoria de la Luna y el Sol C2: Línea de costa y fenómenos meteorológicos (ej.: lluvia, viento, etc.) C3: Línea de costa y proximidad o lejanía de la Luna respecto a la Tierra C4: Línea de costa y otros fenómenos y factores (ej.: seísmos, cambios en la salinidad, cambios diurnos/nocturnos de temperatura, etc.)
D. Sin dibujo	D1: Atracción gravitatoria de la Luna y el Sol D2: Fenómenos meteorológicos (ej.: lluvia, viento) D3: Proximidad o lejanía de la Luna respecto a la Tierra D4: Otros fenómenos y factores (ej.: seísmos, cambios en la salinidad, cambios diurnos/nocturnos de temperatura, etc.)

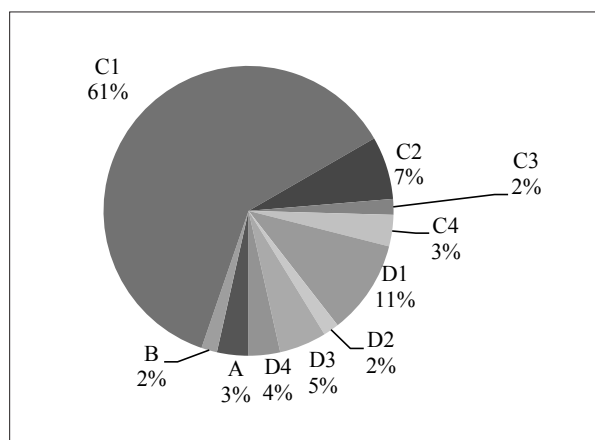
Destaca que el 73% de los estudiantes planteara su representación desde un punto de vista local (línea de costa, categoría C), de una manera simplista y en cierto modo *ingenua*, pese a que en el cuestionario se especificaba que debía elaborarse “desde un punto de vista global”. De ese porcentaje, una amplia proporción (80%) vinculó las subidas y bajadas del nivel del mar con la atracción gravitatoria de la Luna y el Sol (subcategoría C1); otros estudiantes relacionaron las mareas con fenómenos meteorológicos (subcategoría C2), debido a la proximidad o lejanía de la Luna (subcategoría C3), o a diferentes factores, por ejemplo cambios asociados a diferentes tasas de evaporación, variaciones diurnas y nocturnas de la temperatura o seísmos y movimientos de placas tectónicas (subcategoría C4).

El 22% de los alumnos encuestados no presentó ningún dibujo o este no era representativo (categoría D). A pesar de que estos alumnos no realizaron ningún esquema, cerca de la mitad apuntaron que el origen del fenómeno está relacionado con la atracción gravitatoria de la Luna sobre nuestro planeta. Asimismo, cabe destacar que el 23% de los alumnos asignados a esta categoría considera que los ciclos mareales se deben a la proximidad (marea alta) o lejanía de la Luna (marea baja), (subcategoría D3).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De acuerdo con los datos obtenidos, la mayoría de los estudiantes entiende que el fenómeno de las mareas se relaciona en buena medida con la atracción gravitatoria de la Luna sobre la Tierra. De estos alumnos, un 79,5% representó las mareas con un dibujo de la línea de costa (revelando una percepción local) y un 13,6% no llegó a acompañar su respuesta con un dibujo o esquema gráfico (categoría D), lo que evidencia probablemente una incompreensión del fenómeno y/o una repetición memorística de los principios básicos que rigen su origen. Esto puede deberse a que, en el sistema educativo español, la

enseñanza de fenómenos astronómicos se ha apoyado tradicionalmente en un enfoque excesivamente descriptivo y teórico sobre las relaciones de los diferentes astros que no suele generar conflicto cognitivo alguno entre los estudiantes. Para comprender la naturaleza de las mareas, debe tenerse en cuenta la necesidad de que los estudiantes entiendan y asimilen los movimientos y las relaciones entre los tres astros del sistema Sol-Tierra-Luna, algo que exige un gran nivel de abstracción y una visión espacial tridimensional a gran escala. Esto ocurre también con otros fenómenos astronómicos debido a que el individuo no es capaz de observar el sistema entero de una manera directa y a las dificultades derivadas de representar mentalmente modelos de tan enorme magnitud (Taylor, Barker y Jones, 2003).



Graf. 1. Distribución de los estudiantes en categorías y subcategorías (n=59).

Cuestiones como que cada 24 horas la Luna “nos pasa por encima” o que tarda 28 días en girar alrededor de la Tierra, trasladándose con ella alrededor del Sol, son aspectos que deben ser manejados para concluir que cada mes, existen dos momentos de cuadratura de los tres astros y otros dos de conjunción. Especial mención merece el segundo abombamiento en la parte del globo más lejana, ya que se trata de la mayor dificultad didáctica en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las mareas (Härtel, 2000). La comprensión de este segundo abombamiento, que contradice en cierta medida la idea de que las mareas están causadas por la atracción gravitatoria de nuestro satélite, implica que los alumnos tienen que conocer la existencia del gradiente de atracción gravitatoria entre ambos astros. El hecho de que muchos estudiantes representen el fenómeno desde un punto vista local (línea de costa), sugiere que carecen de los medios necesarios para construir modelos espaciales y que son incapaces de elaborar manipulaciones mentales sobre ellos, como una alteración de la perspectiva y del punto de vista del observador, cambios en la posición relativa de los astros (Yair, Mintz, & Litvak, 2001).

La modelización lleva asociada una serie de capacidades que si no reciben la atención adecuada en las clases de ciencias de los futuros maestros pueden motivar el surgimiento de concepciones incompletas de fenómenos científicos, la elaboración de ideas alternativas propias o, incluso, el no adquirir ningún tipo de concepción sobre el fenómeno en cuestión (Callison y Wright, 1993). Es necesario subrayar que la construcción de modelos es una actividad con potencial para involucrar al alumnado en “hacer ciencia”, “pensar sobre ciencia” y “desarrollar pensamiento científico y crítico” (Justi, 2006), lo que puede considerarse básico en la preparación de los futuros docentes (Martínez-Chico *et al.* 2015).

Los resultados de nuestro estudio en términos generales no distan de los reportados por Viiri (2000). En ambos contextos los estudiantes presentan concepciones alternativas similares para explicar el fenómeno de las mareas, semejantes, por lo demás, a las explicaciones que históricamente había

aportado la ciencia (Ekman, 1993); por ejemplo, algunos estudiantes afirman que el origen de las mareas se vincula a la acción del viento, de la lluvia o a partir del calentamiento diurno de las masas de agua marina y su consiguiente expansión.

Por otro lado, se han observado algunas concepciones alternativas que no habían sido identificadas con anterioridad. Muchos estudiantes encuadrados en la subcategoría C1 relacionan solamente la marea alta con la presencia de la Luna visible durante la noche y un porcentaje significativo de los alumnos (6,8% de la muestra total) piensan que las mareas se forman con el acercamiento (marea alta) y alejamiento (marea baja) de la Luna respecto a la Tierra (a modo de mareas de “*apogeo y perigeo diarias*”). Kikas (2004) apunta a que la “teoría de la distancia” en astronomía presenta una clara analogía con la experiencia cotidiana de los alumnos con fuentes de calor y suele emplearse para explicar la ocurrencia de las estaciones del año. A partir de este esquema puede entenderse la razón por la que algunos estudiantes relacionan las mareas con ascensos y descensos de la temperatura (acompañados de una mayor y menor tasa de evaporación o a la expansión térmica del agua) asociados a los ciclos día/noche.

Para exponer el fenómeno de las mareas, la “teoría de la distancia” podría considerarse además “aceptable y no muy alejada de la realidad” desde una perspectiva científica, dado que los estudiantes interiorizan que la distancia entre astros (que implica en cierta medida un gradiente de gravedad) juega un papel determinante en el fenómeno. Para explicar las “*mareas diarias de apogeo y perigeo*”, subyace la idea de que los alumnos creen que la Luna orbita sobre nuestro planeta siguiendo una trayectoria muy excéntrica y que el periodo de traslación lunar es igual o inferior al periodo de rotación terrestre; o bien consideran que la distancia Tierra-Luna se ve alterada diariamente a lo largo de la traslación del satélite sobre nuestro planeta (algo altamente improbable porque carece de cualquier tipo de coherencia interna). Si se toma como referencia únicamente el primer escenario, se observa que los datos obtenidos concuerdan con otras concepciones alternativas identificadas en otros estudios (Trumper, 2001; Varela-Losada *et al.*, 2015) en los cuáles, cerca de la mitad de los alumnos indicaron que la Luna da una vuelta alrededor de nuestro planeta a lo largo de un día.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALLISON, P. L., & WRIGHT, E. L. (1993). *The effect of teaching strategies using models on preservice elementary teachers' conceptions about Earth-Sun-Moon relationships*. Proceedings of the National Association for Research in Science Teaching, Atlanta.
- EKMAN, M. (1993). A concise history of the theories of tides, precession-nutation and polar motion (from antiquity to 1950). *Surveys in Geophysics*, 14(6), 585-617.
- HÄRTEL, H. (2000). The tides-a neglected topic. *Physics Education*, 35(1), 40.
- JUSTI, R. (2006). La enseñanza de las Ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173-184.
- KANLI, U. (2015). Using a two-tier test to analyse students' and teachers' alternative concepts in astronomy. *Science Education International*, 26(2), 148-165.
- KIKAS, E. (2004). Teachers' conceptions and misconceptions concerning three natural phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 432-448.
- MARTÍN DEL POZO, R.M., ARILLO M<sup>a</sup>. A., EZQUERRA, A., FERNÁNDEZ, P., GALÁN, P., GARCÍA, E., GONZÁLEZ, M., JUANAS, A. de, REYERO, C. y SAN MARTÍN, C. (2013). Las ideas “científicas” de los alumnos y alumnas de Primaria: tareas, dibujos y textos. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

- MARTÍNEZ-CHICO, M., LIZO, R. y LÓPEZ-GAY, L. (2015). Efecto de un programa formativo para enseñar ciencias por indagación basada en modelos, en las concepciones didácticas de los futuros maestros. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 149-166.
- TAYLOR, I., BARKER, M., & JONES, A. (2003). Promoting mental model building in astronomy education. *International Journal of Science Education*, 25(10), 1205-1225.
- TRUMPER, R. (2001). A cross college age study of science and nonscience students' conceptions of basic astronomy concepts in pre-service training for high-school teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 10(2), 189-195.
- VARELA-LOSADA, M. M., PÉREZ-RODRÍGUEZ, U., ÁLVAREZ-LIRES, M. A., & ARIAS-CORREA, A. (2015). Concepciones alternativas sobre Astronomía de profesorado español en formación. *Ciência & Educação*, 21(4), 799-816.
- VIIRI, J. (2000). Students' understanding of tides. *Physics Education*, 35(2), 105-105.
- YAIR, Y., MINTZ, R., & LITVAK, S. (2001). 3D-virtual reality in science education: An implication for astronomy teaching *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 20(3), 293-305.