



---

**Universidad de Valladolid**

**Facultad de Educación de Palencia**

Trabajo Fin de Grado

---

**Propuesta experimental para la didáctica de  
la astronomía en Educación Primaria**

Tutora: Ana María Velasco Sanz

Alumno: Eduardo Pérez Miguel

71299244A

Grado en Educación Primaria (Mención en Educación Física)

Palencia, a diciembre de 2013



## RESUMEN

El presente trabajo tiene como principal objetivo elaborar una propuesta para la mejora de la didáctica de las ciencias en Educación Primaria y seguir desarrollando ideas y recursos que permitan continuar avanzando en la búsqueda de una enseñanza científica de calidad. Para ello, es importante seguir reflexionando sobre el sentido y la importancia de la ciencia y sobre cómo es posible adaptar la metodología de la enseñanza de las ciencias para perseguir unos aprendizajes significativos y que proporcionen una utilidad tangible y perdurable durante toda la vida.

La experimentación se ha configurado como uno de los recursos más recomendados y utilizados en la didáctica de las ciencias, y representa, sin duda, un recurso metodológico ideal para poder desarrollar actividades en las que los alumnos puedan trabajar utilizando el método científico y sobre el propio método científico, algo que la mayoría de autores considera necesario para poder caminar hacia la competencia científica. Sin embargo, es razonable pensar que la forma en la que los alumnos experimentan no puede ser estática, sino que debe evolucionar a lo largo de la Educación Primaria para adaptarse a los cambios psicológicos de esta etapa. En el último ciclo de Primaria, uno de estos cambios es el desarrollo de la abstracción y el pensamiento simbólico. Este trabajo pretende ahondar en la importancia de la experimentación en la enseñanza de las ciencias, proponer una nueva idea para enriquecer el modelo de experimentación e ilustrarla mediante un breve proyecto sobre didáctica de la astronomía.

**Palabras clave:** experimentación, experiencia discrepante, pensamiento abstracto, visualización, predicción, experimentación mental.



## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. JUSTIFICACIÓN.....	7
3. OBJETIVOS.....	12
4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	13
4.1 INTRODUCCIÓN.....	13
4.2 DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS.....	13
4.2.1 Introducción.....	13
4.2.2 Las experiencias discrepantes.....	15
4.2.3 Otros aspectos metodológicos.....	18
4.3 LA EXPERIMENTACIÓN EN EL AULA.....	20
4.3.1 ¿Por qué es importante la experimentación en el aula?.....	20
4.3.2 Algunos aspectos importantes sobre la experimentación en el aula.....	22
4.3.3 La importancia de las preguntas en la experimentación.....	23
4.4 LA CIENCIA Y EL PENSAMIENTO ABSTRACTO.....	24
4.4.1 La experimentación mental.....	27
4.5 ¿CÓMO SELECCIONAMOS LOS CONTENIDOS?.....	29
4.6 ¿QUÉ CONTENIDOS SELECCIONAMOS?.....	32
4.6.1 La Estación Espacial Internacional.....	32
4.6.2 El globo terráqueo y el reloj de sol.....	33
5. METODOLOGÍA.....	36
5.1 LA ESTACIÓN ESPACIAL INTERNACIONAL.....	36
5.1.1 Contenidos.....	36
5.1.2 Metodología y actividades.....	36
5.2 EL GLOBO TERRÁQUEO Y EL RELOJ DE SOL.....	40
5.2.1 Contenidos.....	40
5.2.2 Metodología y actividades.....	40
5.3 EVALUACIÓN.....	43
6. CONCLUSIONES.....	45
7. REFERENCIAS.....	48
8. ANEXOS.....	50



# 1. INTRODUCCIÓN

La enseñanza de las ciencias se asienta sobre una didáctica que ha desarrollado e implementado –y sigue haciéndolo– unos métodos y unos procedimientos con un marcado carácter propio, basados en la utilización y en la enseñanza del método científico como principal herramienta. El respaldo hacia el método científico (y hacia la ciencia) por parte de la comunidad científica y pedagógica es general. Prácticamente la totalidad de la sociedad ha terminado por subscribir, unánimemente, una idea general respecto a la importancia de la ciencia, lo que sin duda ha contribuido positivamente a afianzar la presencia científica en la realidad educativa. Es por ello que la calidad en la formación científica escolar lleva camino de mejorar y de evolucionar positivamente durante los próximos años.

El método científico consiste, de forma general, en acercarse al conocimiento de la realidad mediante la formulación de unas hipótesis que puedan ser puestas a prueba, de forma que las teorías válidas sobrevivan mientras que las que no lo son terminen por ser desechadas. Podríamos decir, entonces, que el conocimiento científico consistiría en conocer y entender las principales leyes científicas y, mediante ellas, alcanzar un conocimiento general y completo de la realidad. Esta suposición, aparentemente lógica, no ha terminado por imponerse en la didáctica de las ciencias. ¿Por qué? Los profesionales de la educación sabemos muy bien que el aprendizaje es, en esencia, un proceso mental, pero también somos plenamente conscientes de que para alcanzarlo es necesario que los alumnos trabajen en un contexto en el que prime la manipulación y la experimentación con materiales, y que no se limite solo a la reflexión sobre los conceptos o al desarrollo de estructuras metacognitivas. De esta forma, la didáctica de las ciencias, en aras de desarrollar una metodología que favorezca la experimentación y la manipulación, terminó por conformarse como una metodología en la que no solo tienen valor los resultados obtenidos mediante el método científico, sino el conocimiento del propio método científico en sí.

Hemos consensuado, pues, establecer una enseñanza científica en la escuela asentada sobre la experimentación, una experimentación que, como se justificará en la primera parte de este trabajo, debe constituir el proceso nuclear sobre el que se asiente toda formación científica.



Aun así, y a pesar de la importancia de la experimentación, debemos ser conscientes de que la didáctica de las ciencias comprende otros métodos y otros recursos sobre los que se ha escrito mucho y que deberán ser también una imprescindible hoja de ruta a la hora de planificar y diseñar cualquier proyecto educativo, por sencillo que sea. Desarrollar toda esta teoría sobre la que se tratará de apoyar la metodología de la enseñanza será una parte importante de este trabajo, cuyo propósito principal es mejorar la didáctica de las ciencias.

Pero es necesario ir un poco más allá. Cuando nos aproximamos, no a la enseñanza generalizada de las ciencias, sino a la enseñanza de algunas ciencias en particular, descubrimos que puede ser necesario hacer pequeñas matizaciones respecto a los métodos empleados para enseñar cada una de ellas. Es lógico pensar esto, ya que sabemos que no todas las ciencias son iguales, y mientras que para algunas puede resultar muy sencillo encontrar experimentos mediante los que trabajar los contenidos seleccionados, para otras puede resultar que, sencillamente, no existan experimentos o que estos sean demasiado complejos y no se puedan adecuar a las características de los alumnos. Así pues, comprobaremos que algunas ciencias se prestan más que otras para trabajarlas a partir de una metodología experimental y, lo que es más importante, comprobaremos que en algunas ciencias es posible enseñar los conceptos más relevantes mediante una metodología experimental, mientras que en otras esto no será posible. Podríamos optar entonces por seleccionar los contenidos de nuestra materia de estudio en función de si podemos trabajarlos o no mediante la metodología experimental, pero ello nos obligaría a condicionar nuestra enseñanza científica y probablemente a desechar contenidos que encierren un gran valor científico. Este puede ser el caso de la astronomía, como se intentará justificar más adelante en este trabajo.

La astronomía es una ciencia singular y particular. A diferencia de otras ciencias, la astronomía no ha sido a lo largo de su historia tan dependiente del método científico. Las ciencias comunes se enriquecieron enormemente en tiempos cercanos al presente, cuando el método científico evolucionó, pero los principales conocimientos astronómicos surgieron y crecieron en épocas muy antiguas, tan solo condicionados por la observación humana y el anhelo de conocer y comprender el firmamento. Esto no ha sido así por casualidad, sino porque la astronomía es una ciencia principalmente observacional. Los contenidos astronómicos que hoy enseñamos a los niños en la



escuela no son contenidos complejos en el sentido de complejidad que atribuimos a la ciencia, sino simplemente contenidos cuya comprensión está más vinculada a la experimentación con modelos que a la experimentación científica tradicional. Por ello, la didáctica de la astronomía, en la actualidad, se sustenta principalmente sobre la elaboración de maquetas, de recreaciones del Sistema Solar y, en general, sobre la construcción de modelos mediante los cuales los alumnos puedan entender y explicar los fenómenos astronómicos cotidianos.

Este modelo de didáctica de la astronomía ha resultado bastante productivo para perseguir los objetivos que con él se han pretendido conseguir, pero tiene algunas limitaciones considerablemente importantes. Por una parte, se está promocionando un modelo de astronomía en el que sus contenidos se presentan de una forma cerrada, es decir, presuponemos que los contenidos que queremos enseñar tienen un principio y un final, lo cual es un gran error didáctico ya que estamos cerrando inconscientemente la puerta a la progresión en el conocimiento. No podemos resignarnos a pensar que, en astronomía, el objetivo final es que los alumnos alcancen una comprensión de fenómenos como el día, la noche, el año o las estaciones. ¿Con qué sentido? ¿Con la mera justificación de que es bonito saber? Y después... ¿qué? No podemos conformarnos con que, en astronomía, los contenidos terminen por ser estáticos y cerrados. La verdadera enseñanza científica, provenga de la astronomía o de la física, debe contribuir a desarrollar la competencia científica, lo que implica que cualquier ciencia proporcione, a su manera, recursos y herramientas para enfrentarse y para poder entender las otras ciencias. Además, este carácter cerrado de los conocimientos astronómicos, unido a la supremacía de la observación y la representación, han contribuido a desarrollar una metodología científica en la que se ha minusvalorado un recurso científico esencial: la imaginación de diferentes escenarios, de diferentes situaciones que no tienen por qué existir en la realidad.

Por otra parte, hay que señalar que en la didáctica de la astronomía se han dejado de lado unos contenidos que encierran un enorme valor pedagógico para el desarrollo de la competencia científica: los referentes a la astronáutica. En el primer ciclo y en el segundo ciclo de Primaria, el currículo oficial no da lugar a poder considerar el tratamiento de estos contenidos, pero no ocurre lo mismo en el tercer ciclo, en el que se enuncia el universo como un contenido general, lo que abre la puerta a considerar su



didáctica. La astronáutica nos ofrece unos contenidos muy propicios para trabajar la ciencia en la escuela. Además, no hay que menospreciar dos importantes detalles: la gran motivación que generan en nuestros alumnos y la ingente cantidad de material audiovisual que podemos encontrar en la red, gran parte de él diseñado con un exclusivo fin educativo.

Por último, pero no menos importante, la astronomía es una ciencia que puede resultar muy útil para fomentar el comienzo del pensamiento abstracto en el último ciclo de Educación Primaria. Esto puede parecer banal, pero una reflexión más profunda podría revelarnos indicios de su importancia. Entrenar a los niños en la experimentación científica es un recurso potente para hacerlos autónomos en la comprensión de la ciencia y de la realidad, pero bien es cierto que no para todo lo que observamos y lo que deseamos conocer en la vida existe siempre un experimento fácil de diseñar. Tampoco es menos cierto que, aunque hayamos sido formados en la experimentación científica, seguramente llegará un momento en nuestra vida en el que la experimentación dejará de resultarnos práctica conocer todo aquello que deseamos y/o necesitamos. Por todo esto, consideramos importante una emancipación desde la clásica experimentación con materiales hacia una “experimentación mental”, lo que puede contribuir en gran medida a una autonomía real y duradera de la competencia científica.



## 2. JUSTIFICACIÓN

Trabajar a partir de la ciencia y sobre la ciencia en la escuela ha sido siempre considerado como algo de vital importancia para la formación y la educación de los ciudadanos. Tanto es así que, en prácticamente la totalidad de los currículos educativos de los diferentes países encontramos largos y detallados textos que versan sobre la necesidad de una enseñanza científica de calidad. En nuestro currículo podemos comprobar, además, cómo se ha establecido una competencia general dedicada al conocimiento científico: la competencia para el conocimiento e interacción con el mundo físico.

Son muchos los autores que respaldan el valor de la ciencia en la escuela y en la infancia en general. Por ejemplo, Caravaca Martín (2010) afirma que la ciencia tiene la capacidad de proponer enigmas a los niños y ayudarles a resolverlos.

La astronomía es una ciencia más, pero no es una ciencia cualquiera. El conocimiento del entorno a gran escala y la comprensión de muchos fenómenos cotidianos solo son posibles cuando entendemos la mecánica del espacio, los astros que nos rodean y las leyes que rigen su movimiento. La astronomía es una ciencia profunda; no es extraño que a lo largo de la historia se haya mezclado con disciplinas como la filosofía o la metafísica, ya que su objeto de estudio también es el cosmos, el todo. Esto le confiere una posición privilegiada en el conjunto de las ciencias, ya que solo a través del conocimiento y el estudio de la astronomía podremos llegar a plantearnos las preguntas más profundas de la existencia. Popper (1991) expresa también esta idea:

Creo, sin embargo, que al menos existe un problema filosófico por el que se interesan todos los hombres que reflexionan: es el de la cosmología, el problema de entender el mundo... incluidos nosotros y nuestro conocimiento como parte de él. Creo que toda ciencia es cosmología. (p. 102)

Aparte de por su presencia en el currículo oficial, dedicar tiempo y trabajo a mejorar la didáctica de la astronomía y la astronáutica, así como su utilización como disciplinas útiles para trabajar la ciencia en la escuela puede ser justificado a partir de varias ideas:

1. Son ciencias con un gran potencial para promover la curiosidad innata de los alumnos y de generar motivación por conocer.



2. Tienen una gran proximidad en nuestra vida diaria y sus aprendizajes pueden ser contrastados en observaciones cotidianas.
3. Incitan con su estudio a desarrollar capacidades como la inteligencia espacial y la visualización, destrezas que poseerán una gran transversalidad en el resto de las tareas escolares y en la vida.
4. No requieren complicados conocimientos instrumentales para poder iniciarse en ellas. Solo con sentido común, observación y lógica se puede construir la base de una gran competencia científica.

Dentro de la didáctica de las ciencias, la experimentación ha terminado configurándose en la escuela como uno de los recursos más reconocidos. Esto tiene que ver con la aceptación general de que para aprender es necesaria una actitud activa y una metodología donde predomine la manipulación de objetos o materiales como medio para vivir en primera persona los logros y las dificultades que surgen de la ciencia. La siguiente cita, extraída en la red<sup>1</sup>, ilustra esta idea:

“Aprendemos las cosas gracias a la actividad. El verdadero aprendizaje consiste siempre en ensayar y errar, proceso que debemos emprender siempre con el mayor grado de actividad de que seamos capaces.” (Popper, K.)

Por otra parte, este trabajo busca encontrar una justificación en los documentos oficiales que regulan la práctica educativa y la formación universitaria; y, por lo tanto, ha sido diseñado con la idea de ajustarse y de responder también a las capacidades y competencias establecidas por la ley para ejercer la profesión de maestro. Concretamente, el trabajo puede relacionarse con dos competencias generales que los estudiantes deben adquirir y que aparecen señaladas en la ORDEN ECI/3857/2007, de 27 de diciembre, perteneciente a la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo:

- Reflexionar sobre las prácticas de aula para innovar y mejorar la labor docente. Adquirir hábitos y destrezas para el aprendizaje autónomo y cooperativo y promoverlo entre los estudiantes. (p. 53748)
- Conocer y aplicar en las aulas las tecnologías de la información y de la comunicación. Discernir selectivamente la información audiovisual que

---

<sup>1</sup> Escachamatas. *El blog viajero de los peques de Borja*.  
[http://catedu.es/arablogs/blog.php?id\\_blog=1594&id\\_categoria=9689](http://catedu.es/arablogs/blog.php?id_blog=1594&id_categoria=9689).\_(Consulta: 8 de diciembre de 2013).



contribuya a los aprendizajes, a la formación cívica y a la riqueza cultural. (p. 53748)

La primera de ellas expresa el propósito general de este proyecto, la mejora de la didáctica de la astronomía, que nace también a partir de un proceso regulado de observación de la práctica educativa en lo relativo a estos contenidos durante el periodo de prácticas, periodo que todos los estudiantes hemos atravesado y en el que se desarrolló una profunda observación y participación en clases de conocimiento del medio referentes a contenidos astronómicos. La segunda también tiene una fuerte vinculación con este proyecto, en el que ha cobrado una gran importancia la correcta valoración y selección de recursos audiovisuales para su utilización didáctica.

A su vez, en el citado documento se exponen también las competencias necesarias en materia de ciencias experimentales, a partir de las cuales se cita el siguiente extracto que ejemplifica también los principales propósitos de este proyecto:

Comprender los principios básicos y las leyes fundamentales de las ciencias experimentales. [...]. Plantear y resolver problemas asociados con las ciencias a la vida cotidiana. Valorar las ciencias como un hecho cultural. Reconocer la mutua influencia entre ciencia, sociedad y desarrollo tecnológico, así como las conductas ciudadanas pertinentes, para procurar un futuro sostenible. Desarrollar y evaluar contenidos del currículo mediante recursos didácticos apropiados y promover la adquisición de competencias básicas en los estudiantes. (p. 53749)

Llegados a este punto, hay que concretar que todavía se hace más importante y necesario acudir al Currículo Oficial como fuente para justificar la adecuación de este proyecto, e incluso para señalar también las competencias y los objetivos que más se persiguen y para justificar también las ideas propias hacia las que este trabajo está orientado. Así pues, las señas de identidad de este trabajo pueden encontrarse en los siguientes extractos obtenidos en la ORDEN ECI/2211/2007, de 12 de julio, por la que se establece el currículo y se regula la ordenación de la Educación Primaria:

- La metodología didáctica será fundamentalmente comunicativa, **activa y participativa**, y dirigida al logro de los objetivos, especialmente en aquellos aspectos más directamente relacionados con las competencias básicas. (Artículo 8. *Principios metodológicos*) (p. 31488)



- Es la habilidad para interactuar con el mundo físico, tanto en sus aspectos naturales como en los generados por la acción humana, de tal modo que se posibilita la **comprensión de sucesos**, la **predicción de consecuencias** [...]. Así, forma parte de esta competencia la adecuada **percepción del espacio físico** en el que se desarrollan la vida y la actividad humana, tanto **a gran escala** como en el entorno inmediato. En definitiva, esta competencia supone el **desarrollo y aplicación del pensamiento científico-técnico** para interpretar la información que se recibe y para **predecir** y tomar decisiones con iniciativa y autonomía personal [...]. (*Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico*) (p. 31494)
- Aprender a aprender supone disponer de habilidades para iniciarse en el aprendizaje y ser capaz de **continuar aprendiendo de manera cada vez más eficaz y autónoma** [...]. Implica asimismo la **curiosidad de plantearse preguntas**, identificar y **manejar la diversidad de respuestas posibles** ante una misma situación o problema utilizando diversas estrategias y metodologías que permitan afrontar la toma de decisiones, racional y críticamente, con la información disponible. (*Competencia para aprender a aprender*) (p. 31496)
- Por otra parte, remite a la capacidad de elegir con criterio propio, de **imaginar proyectos**, y de **llevar adelante las acciones necesarias** para desarrollar las opciones y planes personales [...]. Supone poder **transformar las ideas en acciones**; es decir, proponerse objetivos y planificar y llevar a cabo proyectos. [...]. Obliga a disponer de habilidades sociales para relacionarse, cooperar y trabajar en equipo: **ponerse en el lugar del otro, valorar las ideas de los demás...** (*Autonomía e iniciativa personal*) (p. 31497)

Es importante comprender que los fragmentos resaltados en negrita representan las claves principales y, de alguna forma, necesarias para entender y para configurar la idea general que está detrás de este trabajo. Hay que destacar que, por la naturaleza de la idea que subyace a este proyecto, ha sido necesario justificarlo acudiendo no solo a la competencia científica (competencia en el conocimiento e interacción con el mundo físico), sino también a las competencias para aprender a aprender y la autonomía e iniciativa personal. En ellas podemos encontrar ideas muy importantes que ilustran cómo el pensamiento abstracto puede estar vinculado con el incremento en el desarrollo



de la autonomía del aprendizaje científico a lo largo de la vida (imaginar proyectos, ponerse en el lugar del otro).



### **3. OBJETIVOS**

Este trabajo persigue la consecución de los siguientes objetivos:

- Seleccionar y resumir, partiendo de la literatura científico-educativa existente en materia de didáctica de las ciencias, las ideas principales así como aquellas que mejor se ajusten a la hora de diseñar un proyecto didáctico relativo a la enseñanza de la astronomía.
- Relacionar la teoría referente a la didáctica de las ciencias con ideas extraídas de la psicología de la educación para intentar justificar la necesidad de ejercitar el pensamiento abstracto en el tercer ciclo de Educación Primaria, con vistas a mejorar la enseñanza de las ciencias.
- Diseñar un proyecto didáctico sencillo basado en contenidos astronómicos a partir de los modelos existentes, pero intentando incorporar matices metodológicos para adecuarlo a la fundamentación teórica expuesta.



## 4. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 4.1 INTRODUCCIÓN

En el presente apartado haremos un recorrido por los conceptos y las principales ideas que rigen la didáctica de las ciencias. En primer lugar, revisaremos los conceptos que pueden guiarnos a la hora de elaborar un proyecto educativo que se diseñe pensando, de forma general, en la enseñanza de cualquier contenido con carácter científico. Posteriormente, nos centraremos en la importancia de la experimentación como un recurso principal para la didáctica de las ciencias. A continuación, reflexionaremos sobre la forma en que algunas ideas de la psicología de la educación pueden relacionarse con la educación científica y contribuir a su implementación. Por último, reflexionaremos sobre qué criterios podemos seguir para conseguir una elección correcta y eficaz de los contenidos astronómicos en la escuela.

### 4.2 DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS

#### 4.2.1 Introducción

Comenzaremos reflexionando sobre el concepto general de “ciencia”. La Real Academia Española (RAE) define la ciencia como el “conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales”. Es importante comprender esta definición. Si la analizamos, descubrimos que lo único necesario para hacer ciencia es la observación y el razonamiento, capacidades innatas con las que todos venimos al mundo, incluidos los niños. Esto significa que no solamente los científicos hacen ciencia, sino que ésta es consustancial al ser humano y, especialmente, en la infancia, periodo en el que desarrollamos una mayor observación debido a la novedad que supone todo lo que nos rodea. Caravaca Martín (2010) lo explica así:

Para que el pequeño pueda comprender su entorno, comienza a elaborar sus propios esquemas mentales y va construyendo su conocimiento, durante su estancia en la escuela a través de distintas experiencias vividas en este ámbito en el que se desenvuelve, se le brindan diversas oportunidades para comenzar a ser un pequeño reflexivo. (p. 4)



Así pues, el conocimiento que van adquiriendo los niños en su relación con el mundo se construye a partir de unas capacidades que conforman también la estructura del método científico. Pero existe un problema, los conocimientos que los niños aprenden no están sometidos de forma sistemática y rigurosa a comprobación, como sí sucede en el método científico. Los niños, al igual que los adultos, construyen ideas y leyes generales en su mente. Cuando estas leyes responden perfectamente a lo que los niños esperan de ellas, es decir, sirven para hacer predicciones, son dadas por válidas e interiorizadas. De la misma forma, las leyes que no responden a lo que esperamos de ellas deberían ser desechadas, pero, desgraciadamente, nuestra mente no funciona así. A menudo, mayores y pequeños, cuando nos encontramos con alguna idea que no cuadra en nuestro cerebro, recurrimos más a reinterpretar la realidad que a reinterpretar nuestro propio conocimiento. Nuestro ego subconsciente está programado, por desgracia, para tender a pensar que el error es algo exterior a nosotros y que nuestro conocimiento no puede estar equivocado.

La consecuencia de todo esto es muy sencilla de entender: cuando un alumno llega a la escuela primaria –y también a infantil– lleva ya dentro de sí una gran cantidad de ideas y conocimientos, si no erróneos, casi siempre incompletos. Esto no quiere decir, ni mucho menos, que las ideas que los niños traen a la escuela deban ser despreciadas y echadas por tierra, sino más bien al contrario, ya que todas estas ideas, muchas de las cuáles sí son correctas, encierran en su interior un profundo significado científico. Tonucci (1983) lo explica de la siguiente manera:

Si tenemos en cuenta la riqueza de los niños, con sus teorías, sus interpretaciones propias del mundo, entonces el conocimiento del niño debe ser ubicado en el punto de partida del proceso. Por lo tanto, debemos “defender” las teorías de los niños entendiendo que no son erradas, sino parciales o distintas. (p. 49)

En este sentido, el diseño curricular para el área de conocimiento del medio natural, social y cultural de Cataluña hace la siguiente afirmación:

Todos los niños construyen representaciones del mundo y aprenden a elaborar explicaciones personales sobre lo que les rodea. El aula es el lugar donde se han de explicitar estas ideas previas y las diversas concepciones del mundo que están en la base de los procesos personales de aprendizaje. (DOGC, 2007)



Pero, ¿por qué es importante que los adultos consideren siempre las ideas de los niños por muy equivocadas que estas parezcan estar? La respuesta a esta pregunta tiene que ver con la confianza que muestran los niños hacia sus propias capacidades y no solo con el valor científico de sus ideas. Si despreciamos o ignoramos las ideas que nuestros alumnos nos proponen antes de comenzar a explicarlas, no solo estamos ignorando un material muy valioso, sino que también estamos transmitiendo a nuestros alumnos que lo que ellos piensan no tiene ningún valor y por lo tanto terminarán reprimiendo su necesidad de investigación científica. Tonucci (1983) nos lo describe como sigue:

Los niños, lamentablemente, sienten desconfianza respecto a sus propios medios, es decir, de lo que piensan y hacen, y esto se incrementa con los años de escolaridad. El mundo de los adultos se encarga de que así suceda. Debemos entonces contrarrestar esta tendencia y ayudar a que puedan revelarnos sus teorías infantiles y lograr que las mismas presidan el “debate”, la “confrontación” con otras teorías. (p. 49)

#### **4.2.2 Las experiencias discrepantes**

No obstante, la idea anteriormente expuesta explica también la importancia que tiene en la enseñanza científica la presentación de **experiencias discrepantes**, un concepto muy utilizado por el autor Alfred E. Friedl que ahora analizaremos.

¿Qué es una experiencia discrepante? Se trata de un recurso cuya utilización en la enseñanza de las ciencias es defendida por muchos autores. Una experiencia discrepante es el recurso más importante –y probablemente el único efectivo– para conseguir que nuestros alumnos cuestionen todas esas ideas incorrectas –o simplemente incompletas– que tendrán en su cabeza por el mero hecho de haber observado el mundo y de haber tratado instintivamente de darle una explicación. Las experiencias discrepantes también pueden cumplir otra función: presentar a los alumnos una realidad o unas leyes físicas desconocidas para ellos, de forma que puedan predisponerse a ampliar su conocimiento del mundo. Friedl (1997) nos lo ilustra de la siguiente manera:

El agua siempre fluye hacia abajo. Nadie se sorprendería ante este hecho. Sin embargo, si viéramos agua que corre *hacia arriba*, sería una cuestión completamente distinta. El agua que corre *contra* la fuerza de la gravedad es una



discrepancia. [...]. Estos son ejemplos de experiencias discrepantes, que son inesperadas, sorprendentes o paradójicas. (p. 20)

Podemos encontrar, también, referencias a las experiencias discrepantes en manuales sobre psicología referidos a la educación en general, lo que nos lleva a pensar que este recurso pueda ser utilizado en cualquier materia de enseñanza, aunque cobre una mayor importancia en la enseñanza científica. Martín Bravo y Navarro Guzmán (2009) nos lo explican así:

En el desarrollo del aprendizaje y la enseñanza son importantes los conflictos cognitivos, las discrepancias y las contradicciones. Estas discrepancias entre las expectativas o representaciones que el niño/a tiene ante un problema determinado y los resultados que ofrece el profesor son los que estimulan al niño a la consecución de un nuevo equilibrio más evolucionado y elaborado. (p. 164)

Las experiencias discrepantes son, pues, un recurso que, de alguna forma u otra, siempre debería estar presente en una buena clase de ciencias. No solo tienen la función de cumplir con los dos aspectos anteriormente descritos, también es importante valorar la riqueza que pueden aportar a nuestras clases en cuanto a la motivación, sorpresa y atracción que generan en nuestros alumnos. Descubrir algo que no nos esperamos siempre supondrá un claro estímulo para las personas a la hora de predisponerse a aprender algo nuevo.

Friedl (1997) defiende que las experiencias discrepantes son una herramienta muy útil si el docente inicia una clase correctamente y otorga a los alumnos tiempo para la investigación. Propone que las clases de ciencia pueden ser muy eficaces si las experiencias discrepantes se presentan atendiendo a los siguientes tres pasos generales:

1. Presentación de una experiencia discrepante.
2. Investigación personal por parte de los alumnos para resolver la discrepancia.
3. Resolución de la discrepancia.

Por su parte, Driver, Guesne y Tiberghien (1989) proponen otro modelo de secuenciación en el que también se contempla la incorporación de experiencias discrepantes y con el que, a su parecer, y según varios estudios, se fomenta el aprendizaje conceptual:



1. Dar a los alumnos ocasiones para que pongan de manifiesto sus propias ideas.
2. Introducir hechos discrepantes.
3. Planteamiento socrático de preguntas. Discusiones en pequeño grupo.
4. Estimular la formación de un conjunto de esquemas conceptuales.
5. Practicar el empleo de las ideas en un conjunto de situaciones diferentes. De este modo, acrecentarán su confianza en las ideas nuevas, considerándolas útiles.

Es importante, también, preguntarnos cómo ha de ser presentada la información a los alumnos cuando finaliza su proceso de investigación personal. ¿Qué hacemos después de presentarles una discrepancia y dejarles un tiempo para que investiguen sobre ella? Esta idea es muy importante pues encierra en sí misma el verdadero valor y el significado de la experimentación y la investigación. Observamos aquí pequeñas diferencias entre algunos de los autores consultados. Friedl (1997) sostiene que:

Si los alumnos no logran encontrar todas las respuestas, estarán listos para sacar provecho de un tratamiento más tradicional del tema en este momento. Aun si el docente simplemente explica la respuesta, esas explicaciones ya no serán abstractas. A estas alturas los alumnos habrán puesto tanto esfuerzo en la experiencia que tendrán sumo interés en el resultado. Eso es mucho mejor que escuchar una explicación de algún principio abstracto encontrado en un libro. (p. 21)

Por otra parte, Tonucci (1983) nos sugiere rentabilizar algo más, en la medida de lo posible, las experiencias discrepantes:

Si tomamos en cuenta que uno de los mayores esfuerzos de un maestro es generar inquietudes, despertar curiosidades, una vez que claramente aparece una, ¿por qué cerrarla rápidamente con una respuesta, [...]? (p. 42)

Algunos autores defienden, al respecto de esta idea, que está muy extendido en las aulas el hecho de que los profesores utilicen el método científico para demostrar a sus alumnos por qué sus ideas son incorrectas o por qué es necesario que se crean lo que él les está demostrando. Esto, casi siempre, resulta inútil. Driver et al. (1989) nos lo explican así:



Con respecto a la enseñanza del concepto de la Tierra, los educadores se hacen la ilusión de que, proporcionando algunas pruebas de su forma esférica, convencerán a sus alumnos de la misma y, como subproducto, los chicos transformarán su comprensión de la “naturaleza” del espacio cósmico. Estas pruebas, [...] a menudo no sirven de nada. (p. 130)

Aparece en esta última cita un recurso que está también muy asentado en la metodología de la enseñanza de las ciencias, la consideración de las ideas presentes en los alumnos. En el siguiente epígrafe analizamos por qué es importante.

#### **4.2.3 Otros aspectos metodológicos**

El alumno ha sido durante muchos años un agente del proceso educativo minusvalorado en la escuela tradicional. No era importante lo que pensase o las ideas previas que tuviese. Los contenidos eran cerrados y estrictos, y apenas daban lugar a una posible adaptación de la metodología de enseñanza. Por suerte, esto ha ido cambiando a lo largo de los años. En la escuela moderna aparece el importante concepto del “aprendizaje significativo”, un concepto que implica que prácticamente nada puede ser enseñado sin conocer antes los conocimientos previos de nuestros alumnos. Esto es importante a la hora de aprender “algo nuevo”, pero lo es mucho más aún cuando lo que queremos es desestructurar, reorganizar y reconstruir los conocimientos científicos presentes en nuestros alumnos. Por eso la metodología de conocer las ideas previas es todavía más importante en la enseñanza de las ciencias. Aranda Redruello (2012) lo explica de la siguiente forma:

Sin embargo, esas ideas tienen una enorme importancia para el aprendizaje porque el sujeto se enfrenta con la realidad a partir de sus estructuras y conocimientos anteriores. [...]. Si no consideramos estas ideas, lo que puede suceder es que el sujeto adquiera los conocimientos escolares como un barniz superficial pero que cuando tenga que actuar o explicar algo en su vida recurra a esas ideas que son erróneas. (p. 35)

Es importante, pues, conocer la importancia que tiene esto a la hora de pensar en la forma que queremos organizar nuestras clases de ciencias. No podemos ignorar la necesidad de que exista algún momento durante las clases en el que los alumnos puedan expresar sus ideas propias. Y el maestro debe prestar mucha atención a dichas ideas, no



solo con vistas a planificar las actividades o las reflexiones al respecto de ellas, sino también con la firme predisposición y la intención de mejorar la comunicación general en el aula, entre él y sus alumnos.

En el día a día de nuestras clases de ciencias nos encontraremos no solo con las ideas que constantemente expresarán nuestros alumnos si les damos la oportunidad, sino también con multitud de preguntas. De la misma forma que es muy importante considerar las ideas previas de los alumnos, también lo es prestar la atención requerida a las preguntas que ellos formulan. Para ellos, formular preguntas será simplemente la exteriorización de su curiosidad, una gran virtud que se expresa con todo su esplendor durante la infancia y que, desgraciadamente, vamos perdiendo a lo largo de la vida. La curiosidad es el motor de la investigación científica; más aún, es el motor del progreso de la humanidad. El sistema educativo tiene la obligación de fomentar la curiosidad de los estudiantes y procurar que esta nunca muera, y el primer requisito para conseguirlo es considerar las preguntas que los estudiantes formulan, no ya solo como algo importante, sino muchas veces como el propio punto de partida desde el que seleccionaremos los contenidos que trataremos en el aula. Tonucci (1983) nos expresa esta idea:

...cuando los niños en una clase elaboran una pregunta, nosotros podemos elegir claramente dos caminos posibles: cerrar esa puerta abierta con una respuesta que ellos deben creer y supuestamente aprender, o bien abrir otras puertas de manera tal que puedan encontrar solos la solución a su primer problema. (p. 43)

Otro concepto importante que forma parte de las inquietudes diarias del docente es la motivación. Quizá hemos escuchado hablar ya tanto de ella que nos hemos olvidado de la importancia que tiene a la hora de planificar la docencia. Todos estamos de acuerdo en que la motivación es imprescindible para el aprendizaje y, sin embargo, ¿qué peso le otorgamos? ¿Cómo seleccionamos los contenidos? ¿Tenemos en cuenta los intereses de nuestros alumnos o nos vemos atados de pies y manos a la hora de seleccionar lo que queremos enseñar porque nos hemos supeditado al libro de texto? Esto es muy importante, especialmente si asumimos que la verdadera revolución científica en la mente de nuestros alumnos no llegará dentro de las aulas, sino probablemente en algún momento de su vida cotidiana, en el que la curiosidad sembrada en la escuela, unida a los medios que en ella se le han proporcionado para enfrentarse a



los enigmas, se conviertan en el auténtico detonante del cambio conceptual, de la verdadera asimilación de las ideas científicas que anteriormente hemos presentado.

Las exigencias administrativas nos han lastrado, sin duda, a la hora de poder otorgarle a la motivación la importancia que realmente tiene. Aranda Redruello (2012) también recalca la importancia de la motivación en la enseñanza científica, pero concretando que no solamente depende de los contenidos, sino también de la sensación de progreso y de satisfacción con lo que se aprende:

La motivación del sujeto para actuar, y por tanto para aprender, es entonces intrínseca, está en él mismo, y en los resultados que con ella alcanza. Si el conocimiento le satisface y responde a las preguntas que se ha planteado seguirá buscando y seguirá aprendiendo; de lo contrario, se detendrá. (p. 56)

Para terminar este apartado vamos a hablar de algunas precauciones que hay que tener a la hora de abordar la enseñanza de las ciencias. Aranda Redruello (2012) nos transmite dos recomendaciones al respecto. La primera de ellas es que hay que tener mucho cuidado a la hora de dar por comprendidas algunas ideas científicas en los alumnos. Los profesores tendemos a pensar que algunas ideas científicas son extremadamente sencillas y que por eso no es necesario ahondar en ellas. La realidad nos dice que muchos niños pasan por la escuela sin llegar a comprender muchas ideas aparentemente sencillas; en ocasiones, es posible que ni el propio docente las comprenda por completo, lo que es todavía más grave. La segunda recomendación es que, a la hora de promover el cambio conceptual, no basta con poner en tela de juicio las ideas preexistentes en nuestros alumnos, sino que se hace necesario presentar otras alternativas, que han de ser consideradas por los estudiantes no solo como necesarias, sino como razonables y plausibles.

## **4.3 LA EXPERIMENTACIÓN EN EL AULA**

### **4.3.1 ¿Por qué es importante?**

Hemos dedicado la primera parte de la fundamentación teórica a comentar, analizar y tejer algunas de las ideas principales que son necesarias para la construcción de cualquier proyecto orientado a la enseñanza de las ciencias. No obstante, en la introducción y la justificación de este trabajo se ha transmitido ya la idea de que la



metodología principal sobre la que debe construirse todo proyecto educativo-científico es el principio de actividad. En las clases de ciencias la actividad se materializa a través de la experimentación, que representa el principal recurso para que nuestros alumnos manipulen, toquen, palpen, investiguen y, en definitiva, “cacharreen”.

Veamos la opinión de algunos autores que defienden la experimentación como uno de los recursos más importantes en la enseñanza de las ciencias. Jiménez Aleixandre, Caamacho, Oñorbe, Pedrinaci y de Pro (2003) enuncian lo siguiente:

La mejor forma de llevar acabo dicho aprendizaje es a partir de la experimentación, la cual es definida por la RAE como “método científico de investigación, basado en la provocación y estudio de los fenómenos”. (p. 104)

Caravaca Martín (2010) nos dice:

Para poder crear un aprendizaje y un conocimiento significativo en los niños y potenciar las habilidades cognitivas nos podemos apoyar en tres estrategias didácticas [...]: observación, resolución de problemas y experimentación. La experimentación es una estrategia didáctica que genera poner en práctica las hipótesis y explicaciones, para poder determinar lo que se observa y sacar las propias deducciones de los resultados de la experimentación. (pp. 5-6)

Martí (2012) sostiene que, en la educación primaria, “experimentar” es un término genérico que se asocia a la acción de manipular; y concluye que la manipulación libre de materiales representa una práctica muy provechosa para familiarizarse con los objetos y sus características, así como con los procesos y los fenómenos científicos.

Observamos que hay un acuerdo general entre los autores respecto a la necesidad de la experimentación en la educación primaria, pero no terminamos de entender dónde reside su valor y su máximo potencial educativo. Es importante analizar esto detenidamente y no recurrir a la experimentación en el aula tan solo amparados en el principio de actividad. Bien es cierto, y esto es algo en lo que coinciden prácticamente todos los autores, que la experimentación no puede llevarse a la práctica de forma anárquica. Es lógico pensar que el proceso experimental debe estar construido sobre unos contenidos y perseguir unos objetivos, al igual que todos los procesos didácticos; pero el hecho de que planifiquemos minuciosamente nuestras actividades



experimentales y rellenemos un montón de documentos educativo-burocráticos no significará por sí solo que la experimentación vaya a tener un valor educativo; es más, probablemente ni siquiera nos garantizará que nuestra puesta en práctica se lleve a cabo en el aula de una forma clara y ordenada.

#### **4.3.2 Algunos aspectos importantes sobre la experimentación**

Se hace necesario conocer y manejar, además, algunas ideas importantes sobre el sentido y sobre los objetivos que han de perseguirse con la experimentación. Por ejemplo, experimentar no debe entenderse como un intento de demostrar nada a los alumnos o de “abrirles los ojos”. Veamos cómo Tonucci (1982) ilustra esta idea:

El experimento científico no sirve para obligar a la gente a creer: “¿No lo creen?, ahora se lo demuestro. Observen con atención la fotosíntesis clorofílica. Aquí tenemos un filtro, aquí tenemos un ácido, no sé qué ponemos dentro, ahora se pone verde. ¿Lo vieron? Ahora no pueden decir que no, la experiencia lo confirma”. (p. 43)

Por otra parte, otro aspecto importante a tener en cuenta cuando practicamos la experimentación en el aula es considerar que el experimento científico nunca debe venderse como magia. Esto puede convertirse en una tendencia natural para los maestros, ya que presentando los experimentos como algo mágico creemos que lograremos atraer la curiosidad infantil y generar motivación, pero seguramente solo lo consigamos de forma breve y pasajera si así lo hacemos. Veamos dos ejemplos:

“Generalmente se propone el experimento científico como magia, como milagro, y esto es muy grave” (Tonucci, 1982, p. 43).

Por su parte, Caravaca Martín (2010) sostiene:

... muchas educadoras caen en decirles que lo que sucede es “magia”, cuando no es así, cada uno de los experimentos tienen explicación científica que se va encontrando conforme los pequeños experimentan, reflexionan y comprueban resultados para construir su propio conocimiento. (p. 6)

La idea que está detrás de todo esto es muy sencilla: la realidad no es magia. Si nos acostumbramos a vendérsela a nuestros alumnos como tal estaremos alejándolos irremediabilmente del espíritu del método científico. La ciencia no hace magia, la



ciencia es algo muy concreto que explica la realidad y predice resultados. Toda la evolución tecnológica de la humanidad (coches, ordenadores, etc.) a lo largo de nuestra historia no es magia, es el resultado de personas que, siguiendo el instinto de su curiosidad, se propusieron conocer mejor el mundo y construyeron un método que nos hace posible hacerlo con certeza. Vendiendo la ciencia como magia a nuestros alumnos lo que haremos será, inconscientemente, dirigirnos a ellos como si fueran niños incapaces o, simplemente, clientes de un espectáculo. Podemos resignarnos a que esto suceda en los museos, pero nunca en el aula.

### **4.3.3 La importancia de las preguntas en la experimentación**

En ciencia, a menudo es más provechoso saber plantearse las preguntas apropiadas que intentar manejar muchas respuestas que probablemente sean poco clarificadoras o insustanciales. La selección y la variedad de las preguntas es otra seña de identidad que puede reconocerse en el diseño didáctico de este proyecto, por lo que es conveniente establecer algunas orientaciones metodológicas al respecto que el maestro siempre deberá considerar a la hora de construir las preguntas en sus diseños didácticos.

Martí (2012) sostiene que las preguntas son el motor de cualquier investigación científica. Además, establece un conjunto de características que debe cumplir, con carácter general, cualquier pregunta diseñada para guiar la práctica educativa:

1. Deben ser productivas y abiertas, es decir, que inviten a proponer diversas respuestas.
2. Deben estar centradas en la persona y no en el tema, e invitar a los niños a responder en lugar de amedrentarlos con el estigma de si van a responder correctamente. (Ej.: En lugar de preguntar “¿qué necesita una planta para vivir?” es mejor preguntar “¿qué crees que necesita una planta para vivir?”).
3. Deben ser formuladas en el momento adecuado y estar contextualizadas; no deben ser ni inabordables ni demasiado obvias. (Zona de desarrollo próximo)
4. Deben ajustarse a lo que realmente se quiere preguntar, es decir, deben estar bien formuladas.
5. Deben contener, en esencia, alguna idea que pueda ser investigable por los alumnos.
6. Deben ser variadas (combinar preguntas de *qué*, *cómo* y *por qué*).



Martí (2012) hace otra reflexión interesante y propone diferenciar claramente entre *investigar* y *buscar información*. Según él, estos dos términos se confunden con frecuencia en la enseñanza de las ciencias. La mayoría de los maestros fomentan la búsqueda de información creyendo que están llevando a cabo un verdadero proceso de investigación cuando esto no es así. Para gestionar esto correctamente, propone limitar la búsqueda de información solo a los momentos en los que sea necesario para conocer datos o detalles que sean requeridos para la investigación.

#### **4.4 LA CIENCIA Y EL PENSAMIENTO ABSTRACTO**

¿Qué es el pensamiento abstracto? Vamos a aproximarnos a este concepto, en primer lugar, a través de algunas definiciones que podemos encontrar en la red:

“El pensamiento abstracto supone la capacidad de asumir un marco mental de forma voluntaria. Esto implica la posibilidad de cambiar, a voluntad, de una situación a otra, de descomponer el todo en partes y de analizar de forma simultánea distintos aspectos de una misma realidad”.<sup>2</sup>

“Es la capacidad de captar lo esencial y las propiedades comunes, para mantener los diferentes aspectos de una situación en la mente y el cambio de uno a otro, para prever y planificar el futuro, para pensar simbólicamente y sacar conclusiones.”<sup>3</sup>

“El pensamiento abstracto es el reflejo mediato y generalizado de la realidad, es una forma de conocer el mundo más allá de los sentidos”.<sup>4</sup>

Podemos observar que en algunas definiciones se encuentran matices e ideas que podemos relacionar profundamente con el método científico. Por ejemplo, en la primera definición encontramos la idea de “descomponer el todo en partes”, ¿no nos suena esto a la metodología del control de variables, tan presente en el método científico?

---

<sup>2</sup> Definición de pensamiento abstracto. <http://definicion.de/pensamiento-abstracto/> (Consulta: 2 de noviembre de 2013)

<sup>3</sup> Definición del pensamiento abstracto. [http://www.ehowenespanol.com/definicion-del-pensamiento-abstracto-info\\_364362/](http://www.ehowenespanol.com/definicion-del-pensamiento-abstracto-info_364362/) (Consulta: 2 de noviembre de 2013)

<sup>4</sup> EcuRed. Pensamiento abstracto. [http://www.ecured.cu/index.php/Pensamiento\\_abstracto](http://www.ecured.cu/index.php/Pensamiento_abstracto) (Consulta: 2 de noviembre de 2013)



En la segunda definición encontramos la idea de “pensar y planificar el futuro, sacar conclusiones”, ¿no nos recuerda esto inevitablemente a las ideas de “establecer hipótesis” o “prever resultados” tan consustanciales al método científico?

Parece, entonces, que no es descabellado afirmar que el desarrollo del pensamiento abstracto está íntimamente ligado a la “capacidad científica” de las personas y, en general, al desarrollo de la competencia científica.

Martín Bravo y Navarro Guzmán (2009) nos ilustran a la perfección esta conexión entre la “capacidad científica” y el pensamiento abstracto:

El periodo de las operaciones formales (a partir de los 12 años) hace posible la presencia del pensamiento científico. Es el momento en el que el sujeto comienza a utilizar el pensamiento hipotético-deductivo, a teorizar y a manejar el pensamiento abstracto. (p. 29)

Es importante manejar estas ideas para comprender cómo se articula la enseñanza científica en la escuela y qué podemos hacer para mejorarla. Al leer esta última cita nos surge instantáneamente una duda: si el pensamiento abstracto es tan importante para desarrollar la competencia científica y los autores coinciden en que este se desarrolla por completo a partir de los 12 años, ¿quiere esto decir que la enseñanza científica no tiene razón de ser en la educación primaria? Afortunadamente, no.

El pensamiento abstracto es una capacidad que puede permitir a nuestros alumnos alcanzar una mayor competencia científica, pero esta puede y debe ser trabajada desde edades tempranas. ¿Por qué? El pensamiento abstracto supone una capacidad intelectual de último nivel en el desarrollo cognitivo humano, pero, antes de llegar a él, ya disponemos de capacidades mentales más básicas, que son los cimientos del futuro pensamiento abstracto y que aparecen de forma mucho más temprana en el desarrollo infantil: hablamos de la imaginación y la memoria. Estas dos capacidades “pre-abstractas” hacen que incluso la mente del niño de primaria pueda recurrir a la visualización y a la imaginación de diferentes escenarios, dos capacidades imprescindibles en la competencia científica y que aparecen con anterioridad al pensamiento abstracto puro. Repetto Jiménez y Mato Carrodegua (1998) hacen alusión a esta idea:



Se considera que es más fácil entender un concepto cuando se “visualiza en el pensamiento por medio de la imaginación”. Asimismo, el asumir una actitud abierta y creativa frente a los objetos del conocimiento permite familiarizarse con ellos más eficazmente. (p. 42)

Aclaremos entonces estas ideas y reflexionemos sobre la importancia que puede esconderse en ellas. Sostenemos que el pensamiento abstracto es una habilidad de gran importancia para poder adquirir una auténtica competencia científica que pueda, además, evolucionar y perfeccionarse a lo largo de nuestra vida. ¿Por qué? Pensemos en la utilidad que puede tener el método científico en nuestras vidas cotidianas, pero, sobre todo, pensemos en sus posibles carencias. Estamos enseñando a los alumnos a investigar sobre cualquier problema que encuentren en la vida. En el ámbito científico, intentamos prepararlos para que sean capaces de diseñar sus propios experimentos con los que puedan poner a prueba las teorías que van imaginando. Ahora pensemos, ¿hasta qué punto encontramos una utilidad a esto en nuestra vida adulta? ¿Realmente somos capaces de preparar(nos) un experimento cada vez que nos enfrentamos a alguna situación que nos desconcierta en la vida?

La realidad es que esto parece no ser ni práctico ni alcanzable. Es importante considerar que, cuando hablamos de conflictos, de desconocimiento o de situaciones desconcertantes, no solo nos referimos a los aspectos desconocidos del mundo científico, sino también a los del mundo sociológico; en definitiva, a las relaciones, a los conflictos que surgen entre las personas. El método científico encierra en su interior un potencial muy fuerte para proponer explicaciones a todo tipo de cuestiones que nos envuelven, incluidas las sociológicas, y es muy fácil establecer una conexión entre la naturaleza de los estudios científico-sociológicos y los estudios científicos relativos a la ciencia general. Por eso, aunque en la práctica se nos presentan como dos métodos diferentes, es lícito pensar que en su interior se han estructurado sobre las mismas ideas. Pero sin duda, el método científico-sociológico tendrá que ser un método donde cobren más importancia las ideas abstractas; necesita serlo, ya que en sociología la **interpretación** de los sucesos, de las conductas, se hace irremediabilmente necesaria.

Y todo esto, ¿para qué? Para argumentar que el pensamiento abstracto es una capacidad importante en el desarrollo de la competencia científica y para defender otra idea más: que la auténtica emancipación en el aprendizaje científico solo puede ocurrir



una vez que desarrollamos completamente el pensamiento abstracto, una vez que somos capaces de desligarnos de la experimentación material y visualizar en nuestra mente modelos y situaciones que nos permitan poder lograr un auténtico **pensamiento experimental**.

No se está proponiendo, ni mucho menos, que haya que renunciar a la experimentación tradicional en las aulas. La experimentación tradicional en el aula, tal y como la conocemos, es la única forma posible para que los alumnos puedan llegar algún día a “emanciparse de los materiales”, como anteriormente se ha propuesto. Solo a través de muchos años de manipulación, de experimentación, de “cacharreo”, los alumnos podrán interiorizar cómo se comportan los objetos, cómo responden los materiales, cómo es posible utilizar los modelos para visualizar situaciones posibles y predecir resultados.

No, la experimentación tradicional no debe nunca ser sustituida, y menos aún en las edades más tempranas, en las que el contacto directo con los materiales será la única forma posible de conocer el mundo. Pero **sí puede ser recomendable** que, en el último ciclo de la educación primaria, la experimentación vaya organizándose de una forma cada vez más abstracta, de una forma en la que estimulemos a los alumnos a desarrollar el pensamiento abstracto, a concentrarse profundamente en la visualización de modelos y en la predicción de resultados sin la necesidad de tener que recurrir constantemente al experimento tradicional.

#### **4.4.1 La experimentación mental**

Y para terminar, ¿cómo podemos incorporar esta idea sobre el pensamiento abstracto en la metodología de un diseño didáctico orientado a la enseñanza de la astronomía? La idea general para poder aplicar esta idea en cualquier proyecto para la enseñanza científica es sencilla: hagamos que nuestros alumnos vayan desligándose cada vez más de los experimentos tradicionales y fomentemos el uso de la **experimentación mental** como el principal recurso para realizar predicciones científicas.

La experimentación mental puede ser un recurso muy útil para favorecer la aparición del pensamiento abstracto y del pensamiento científico hipotético-deductivo, pero no puede ser empleada en cualquier situación científica. Imaginemos un experimento



químico tradicional en el que, por ejemplo, añadimos unas gotas de cierta sustancia química a una disolución y esta cambia de color. ¿Es posible que podamos recrear este experimento en nuestra mente? ¿Podemos predecir cómo será el cambio de color de la disolución y predecir posteriormente otros cambios de color diferentes con sustancias químicas diferentes? No, no es posible hacer esto, y menos aún para alumnos de educación primaria, que necesitarían para ello unos conocimientos muy profundos sobre química, sobre la naturaleza de los elementos químicos, sobre física atómica, sobre la física de la luz y el color, etc. No tiene sentido, pues, hablar de experimentación mental cuando nos referimos a experimentos cuya comprensión profunda encierra una complejidad que va más allá de lo que imaginamos. Pero sí tiene sentido hablar de ella cuando lo que pretendemos hacer es trabajar a partir de modelos sencillos sobre los cuales resulta mucho más fácil, intuitivo y comprensible la realización de predicciones. La astronomía tradicional se construye sobre este tipo de modelos, unos modelos que son sencillos de comprender y de recrear para la mente que se inicia en los conocimientos astronómicos, tales como la recreación a escala del Sistema Solar o el movimiento de rotación terrestre que origina los días y las noches.

¿Cómo fomentaremos entonces la experimentación mental? De una forma lógica y sencilla. Vamos a familiarizar a nuestros alumnos con los diversos modelos con los que vamos a trabajar y, una vez que comprendan bien el funcionamiento y la mecánica de estos modelos, vamos a proponerles situaciones hipotéticas y a obligarles a que reflexionen sobre estas situaciones y a que hagan predicciones sin que puedan recurrir al modelo para ponerlas a prueba, tan solo visualizando en su mente cómo se comporta el modelo (que ya conocen) e intentando imaginar lo que sucederá. No obstante, después de realizar el esfuerzo cognitivo que conlleva la experimentación mental, sí puede ser recomendable que los alumnos recurran de nuevo al modelo real para intentar recrear las situaciones que han imaginado y para poner a prueba las predicciones que previamente han realizado. En este proyecto se han considerado dos posibles modelos para la experimentación astronómica. Uno de ellos es el modelo del sistema Sol (linterna) y Tierra (globo terráqueo) para el estudio de las sombras arrojadas por un gnomon vertical a lo largo del año. El otro modelo es el mecanismo del embudo gravitacional, que permite visualizar profundamente el comportamiento de la gravedad y la física de las órbitas.



## 4.5 ¿CÓMO SELECCIONAMOS LOS CONTENIDOS?

La selección de los contenidos es un tema de gran trascendencia educativa, no exento de subjetividad, y que ha terminado siendo el centro de muchos y extensos artículos pedagógicos.

*Inmersos en el aire miramos al cielo* es una obra pedagógica editada en 2013 referente a la enseñanza de la meteorología y la astronomía en el aula y cuyas autoras son Susana García y Cristina Martínez. En esta obra se hace una especie de programación por ciclos en la que se abordan los contenidos más importantes que cualquier astrónomo elegiría para su enseñanza en las aulas. Al examinarla detenidamente nos damos cuenta de que propone unas actividades que resultan muy atractivas y que parecen encaminarse en la dirección correcta si el objetivo es conseguir una comprensión bastante buena de los conocimientos astronómicos que se proponen. Pero si nos ponemos en la piel de un maestro, enseguida podremos deducir que la gran cantidad de contenidos y actividades presentadas será imposible de tratar en el tiempo que las programaciones didácticas de los centros contemplan para estos contenidos. Probablemente nos veamos obligados a elegir actividades entre todas las que disponemos, seguramente apoyándonos en criterios sencillos y poco pedagógicos (elegiremos las que más nos gustan o las que más se adaptan a los materiales y recursos de que disponemos). Veamos cómo algunos autores enfocan la necesidad de seleccionar contenidos. Nieda y Macedo (1997) exponen:

Si se parte de la imposibilidad de cubrir todo aquello que merece ser estudiado, conviene ofrecer una visión actual y estimulante de algunos campos científicos que posibilite e incite a una ampliación posterior, [...]. Se trata de [...] incorporar en los contenidos mínimos, no sólo en los opcionales, tópicos contemporáneos que den la idea de los avances más recientes de la ciencia y de sus aplicaciones tecnológicas. (Capítulo V. *Qué y cuándo enseñar: los contenidos*).

Vemos, entonces, que no es tan importante el intentar abarcarlo todo, algo por otra parte imposible, sino el seleccionar unos contenidos que ofrezcan una visión actual y estimulante, en los cuales se incluyan tópicos contemporáneos que transmitan la idea de los avances científicos y del progreso tecnológico. ¿Cómo podemos encontrar esos contenidos en la astronomía si no es a través de la astronáutica? La astronáutica y la



exploración espacial conforman la única rama de los contenidos de la astronomía en la que el progreso científico y los avances tecnológicos hacen acto de presencia. Esa es la principal razón por la que se ha seleccionado la Estación Espacial Internacional como otro de los contenidos y recursos educativos en la metodología de este proyecto.

La selección de los contenidos es algo muy importante en educación y no debe considerarse a la ligera. Para hacer una selección eficaz el maestro debe cuestionarse cuál es el fin que, en última instancia, persigue con sus proyectos didácticos. El enciclopedismo, uno de los principales problemas en la selección de contenidos generales y científicos, establece que lo importante son los propios contenidos y no lo que se quiera conseguir con ellos. Esto es un error, porque al final terminamos elaborando nuestras programaciones en función de los contenidos y después procuramos, con mucha impotencia, que a través de ellos se puedan trabajar las competencias generales a las que tanto nos referimos. Pero esto no debe funcionar así. Si queremos que las competencias básicas tengan la importancia que deben tener, los contenidos deben ser seleccionados para servir a esas competencias y no al revés. La metodología de este proyecto pretende edificarse sobre la importancia, no solo de la competencia científica, sino también de las competencias para aprender a aprender y de la autonomía e iniciativa personal. Esa es otra de las principales razones por las que la selección de los contenidos se ha diseñado de forma estricta y muy concreta.

Algunos autores consideran, además, que la enseñanza actual de la ciencia es completamente ineficaz. Claxton (1994) defiende esta idea apoyándose en que la población posee un nivel científico muy bajo y en que los alumnos huyen del estudio de la ciencia.

Apoyándonos en esto, puede ser interesante analizar también cuáles son los conocimientos astronómicos que la gente menos domina y sobre los que la mayoría de las personas se forman ideas incorrectas. Esta realidad social no tiene por qué ser ignorada en la escuela y no es atrevido proponer que pudiese ser utilizada como un indicador que nos incentive, como maestros, a decantarnos por unos contenidos o por otros.

Uno de los conceptos erróneos que ha terminado extendiéndose y penetrando profundamente en la cultura científica popular es la falacia de la ausencia de gravedad. Esto contribuye sin duda a un gran retroceso de la cultura científica, ya que esta falacia



no solo se puede encontrar en la cultura popular, sino que podemos encontrarla además en muchas obras en las que presuponemos un mayor rigor científico. Este error consiste, principalmente, en atribuir a la falta de gravedad la situación de ingravidez que experimentan los astronautas y los astros en el espacio.

Veamos dos ejemplos de estos errores en la literatura científica astronómica. Lahera Claramonte (2007) enuncia:

Pero, ¿qué ocurriría en un mundo sin gravedad? No es un asunto de literatura de ciencia ficción, tipo Julio Verne o H. G. Wells. Es ya una realidad: en los vuelos espaciales se consigue —cuando la atracción terrestre llega a ser mínima— **un mundo sin gravedad**, un mundo *ingrávido*. (p. 129)

De la misma forma, Meiani (1999) nos describe la conocida foto del astronauta Bruce McCandless flotando en ingravidez con el siguiente texto:

La fuerza de la gravedad de la Tierra y de los demás cuerpos celestes disminuye a medida que nos alejamos de su centro: en el espacio, a gran distancia de estrellas y planetas, **la falta de gravedad** lleva los cuerpos a flotar sin peso, como en esta fotografía. (p. 103)

En ambos casos vemos como se ha caído en el error de atribuir a la falta de gravedad la situación de ingravidez que experimentan los astronautas. Algo completamente falso pues sabemos por la física que la atracción gravitatoria que los astros generan se extiende hasta el infinito. La verdadera causa de la ingravidez no reside en la falta de gravedad, sino en otros conceptos científicos que ocuparán un puesto importante como contenidos en el diseño didáctico de este proyecto.

#### 4.6 ¿QUÉ CONTENIDOS SE HAN SELECCIONADO?

El diseño didáctico de este proyecto se construye a partir de dos recursos principales. Uno de ellos es la Estación Espacial Internacional (EEI) junto con el embudo gravitacional; el otro es el reloj de sol junto con un modelo paralelo de experimentación que consistirá en el Sol (una linterna) y la Tierra (un globo terráqueo).

Es necesario entender la diferencia entre recursos y contenidos. Tanto la EEI como el reloj de sol o el globo terráqueo actuarán como recursos que se utilizarán para la presentación y la didáctica de muchos y variados contenidos de astronomía e incluso de



física, aunque inevitablemente terminarán convirtiéndose también en contenidos en sí mismos, algo que el proyecto también persigue, pues son contenidos que se ajustan a las ideas expuestas en este trabajo.

#### 4.6.1 La Estación Espacial Internacional

La Estación Espacial Internacional (EEI) es una infraestructura de aproximadamente 420 toneladas que se empezó a construir hace ya más de 15 años, en 1998, y que actualmente es el objeto artificial de mayor masa y dimensiones en órbita terrestre.

En los últimos años la EEI se ha convertido en un centro logístico de gran importancia. Su mantenimiento, su abastecimiento y su utilización como un espacio científico privilegiado se han convertido en los principales objetivos de la exploración espacial y en uno de los mayores logros de la tecnología moderna.

La EEI tiene una gran presencia en los medios de comunicación y, especialmente, en portales de internet como *youtube*, en donde es posible encontrar multitud de vídeos referentes a la vida de los astronautas y al funcionamiento de la estación. De esta forma, la EEI se ha convertido en un recurso educativo en el mundo entero hasta el punto de que, frecuentemente, incluso los propios astronautas imparten charlas y dedican una gran parte de su estancia en la estación a conceder entrevistas a institutos, colegios y universidades del mundo entero a través de videoconferencia.

Así pues, y apoyándose en la teoría expuesta, podemos resumir la justificación de la utilización educativa de la EEI mediante los siguientes argumentos:

- Permite que los estudiantes se aproximen a unos contenidos muy importantes de la física clásica (la masa, la aceleración, la fuerza...) a través de otros que, sin ser menos importantes, les resultan muy motivadores y novedosos (los astronautas, la ingravidez, el espacio, etc.).
- Es un recurso que nos permite poner en contacto a los alumnos con una variedad de **experiencias** altamente **discrepantes** para ellos, lo que sin duda potenciará el cambio conceptual y el aprendizaje significativo, ayudando a vencer los errores conceptuales que los alumnos se forman sobre la Tierra en los primeros cursos de Primaria.



- Al ser un espacio de referencia privilegiado en el que los objetos y los materiales se comportan de una forma poco familiar para nosotros, podemos utilizarlo para trabajar la creatividad, la elaboración de hipótesis y su posterior comprobación, sin duda habilidades nucleares en la competencia científica.
- Es un objeto celeste visible a simple vista desde la superficie terrestre, lo que será muy útil para introducir a los alumnos en la observación astronómica de una forma diferente y novedosa.
- Es un tema social y científico con una gran relevancia en la sociedad actual.

#### **4.6.2 El globo terráqueo y el reloj de sol**

El reloj de sol es un instrumento usado desde la antigüedad con el fin de medir el paso del tiempo. Un reloj de sol consta de dos partes, un gnomon y una escala graduada. En los días soleados la luz del sol incide sobre el gnomon y este proyecta su sombra sobre la escala graduada, donde se representan las horas del día. La sombra del gnomon, al igual que todas las sombras que sean proyectadas en la Tierra por un objeto estático, se encuentra siempre en un movimiento lento pero constante debido al movimiento de rotación de la Tierra, que hace que el Sol se desplace aparentemente por la cúpula celeste.

Que el reloj de sol puede emplearse como un recurso educativo en las aulas no es una idea nueva en la didáctica de los contenidos astronómicos. Es suficiente con indagar brevemente en la red para descubrir algunos proyectos de profesores de colegios e institutos que ya han realizado alguna actividad con sus alumnos utilizando el reloj de sol.<sup>5 6 7</sup> Desgraciadamente, la mayoría de estas propuestas didácticas se reducen únicamente a los procedimientos de construir y utilizar el reloj de sol, pero dejan de lado las estrategias y las habilidades principales que deben perseguirse en cualquier actividad didáctica en materia científica, es decir, la incorporación de experiencias discrepantes, la reflexión, la elaboración de hipótesis y el intento de comprobación de esas hipótesis.

---

<sup>5</sup>Laurenkrotoski. *Proyecto de reloj de sol para la escuela primaria*. [www.ehowenespanol.com](http://www.ehowenespanol.com). (Consulta: 3 de diciembre de 2013).

<sup>6</sup>GANGUI, A. *Cómo construir y usar en el aula un sencillo reloj de sol*. [www.cienciahoy.org.ar](http://www.cienciahoy.org.ar). (Consulta: 3 de diciembre de 2013).

<sup>7</sup>Almudena. *Reloj de sol para Educación Primaria*. [www.educacion-primaria.es](http://www.educacion-primaria.es). (Consulta: 3 de diciembre de 2013).



El autor alemán Irmgard M. Burtscher propone en su obra *Pequeños-grandes científicos* el análisis y la experimentación con las sombras que arrojan los objetos como medio para estudiar y comprender la posición y la trayectoria del Sol por el cielo y su influencia sobre los días y las estaciones. Este recurso puede resultar muy interesante para acercar a los alumnos algunos contenidos astronómicos importantes, pues tiene la virtud de que con él se pueden crear modelos y experimentos para tratar conceptos en principio inabordables, como puede ser la trayectoria del Sol por el cielo. Al comprender la trayectoria del Sol por el cielo, estamos trabajando también el núcleo conceptual relativo a la orientación y los puntos cardinales, siendo esta, probablemente, la única forma para lograr una comprensión profunda de estos conceptos.

Otro importante aspecto que hay que considerar a la hora de diseñar actividades que trabajen sobre los conceptos de la redondez de la Tierra y el globo terráqueo es la dificultad infantil para comprender en profundidad esta idea. Esto puede parecernos ridículo, pero existen multitud de estudios que demuestran que los alumnos de primaria tienen serias dificultades para comprender realmente la idea de que la Tierra es redonda. Driver et al. (1989) estudiaron las ideas primitivas que los alumnos de primaria manifestaban sobre la redondez de la Tierra y descubrieron en ellos hasta cinco nociones diferentes, que ordenaron según el nivel de “corrección”, desde la primera (la menos completa) hasta la quinta (la más completa). Estas cinco nociones se resumen de la siguiente forma:

- Noción 1. Dicen que la Tierra es redonda pero interiormente creen que es plana.
- Noción 2. Creen que la Tierra es una bola enorme compuesta de dos hemisferios. La parte inferior es sólida y la parte superior es el aire y el cielo.
- Noción 3. Aún no utilizan la Tierra como marco de referencia para las direcciones arriba-abajo, sino que suponen la existencia de una dirección absoluta arriba-abajo en el espacio cósmico, independiente de la Tierra.
- Noción 4. Aún no relacionan las direcciones arriba y abajo con el centro de la Tierra.
- Noción 5. Estos niños demostraron tener una idea satisfactoria y estable de los tres aspectos del concepto Tierra.

Driver et al. (1989) realizaron una investigación en dos escuelas israelíes para establecer la prevalencia de estas nociones en los alumnos. Concluyeron que,



aproximadamente, en sexto de primaria las cinco nociones convivían aproximadamente con la misma intensidad entre los alumnos. De la misma forma, en el primer ciclo de Primaria un 85% de los alumnos manifestaba las nociones 1 y 2. En el 2º ciclo, las nociones 1 y 2 están presentes todavía en un 60% del alumnado mientras que las nociones 4 y 5 representaban solo un 15%. En 6º, todavía un 30% permanecía aún en las nociones 1 y 2 y un 40% alcanzaba ya las nociones 4 y 5.

Además, demostraron que una enseñanza centrada sobre las ideas esenciales del concepto de la Tierra puede ser eficaz, incluso, en el primer ciclo de primaria aunque estos alumnos mantengan aún el punto de vista egocéntrico infantil señalado por Piaget.

Por otra parte, en el Currículo Oficial podemos encontrar los contenidos relativos a cada ciclo de primaria. En el primer ciclo se especifica el contenido *Orientación de elementos del medio físico en relación con el sol*. Teniendo en cuenta todo esto y lo anteriormente expuesto es lícito afirmar que la actividad del globo terráqueo y el reloj de sol podría resultar también apropiada para los dos primeros ciclos de primaria, además de para el tercero.



## 5. METODOLOGÍA

A continuación se presenta un breve diseño con los dos recursos justificados en la fundamentación teórica.

### 5.1 LA ESTACIÓN ESPACIAL INTERNACIONAL

#### 5.1.1 Contenidos

Utilizando la Estación Espacial Internacional como recurso se podrán trabajar los siguientes contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales:

- La relación entre masa, fuerza y aceleración.
- La fuerza G en la vida cotidiana y en los viajes espaciales.
- La fuerza centrífuga.
- La fuerza de la gravedad.
- El concepto de órbita y su naturaleza.
- La sensación aparente de ingravidez.
- La caída libre.
- La dependencia entre la orientación arriba-abajo y la fuerza gravitatoria.
- Medición de fuerzas (peso y fuerza centrífuga).
- Experimentación con fuerzas (peso, fuerza centrífuga y fuerza G).
- Experimentación en el embudo gravitacional.
- Experimentación mental sobre el embudo gravitacional.
- Valoración de los modelos como medio para realizar predicciones.

#### 5.1.2 Metodología y actividades

En primer lugar, vamos a familiarizar a nuestros alumnos con el modelo del embudo gravitacional. El embudo gravitacional es probablemente el mejor recurso que existe para visualizar la gravedad y entender las órbitas espaciales. Es poco probable que el colegio cuente con un embudo gravitacional real para que los alumnos experimenten. No obstante, es viable construir uno de una forma sencilla si se dispone de una banda de tela elástica y unas pinzas con las que fijarla a algún elemento de la clase, tal y como



aparece explicado en este<sup>8</sup> video de *youtube*. Además, podemos mostrar a nuestros alumnos como funciona un embudo gravitacional mediante el visionado de videos de *youtube* donde se visualiza su mecanismo. Para localizar estos vídeos debemos escribir en el buscador las palabras clave *gravitational funnel marble run*.

Dejaremos que, inicialmente, los alumnos experimenten libremente con el embudo gravitacional y, posteriormente, dirigiremos dicha experimentación planteando las siguientes preguntas a nuestros alumnos y reflexionando sobre ellas en gran grupo:

- ¿Creéis que son igual de veloces todas las órbitas?
- ¿Podéis identificar cuáles de ellas son más rápidas y cuáles más lentas? ¿Por qué creéis que es así?
- ¿Creéis que podríais conseguir órbitas completamente circulares?
- ¿Os habéis fijado en qué tenemos que hacer para conseguir órbitas elípticas?
- ¿Y si aplicamos a las bolas una velocidad mayor a la que le corresponde en esa órbita? ¿Podéis averiguar lo que sucede? ¿Y si aplicamos una velocidad menor?
- ¿Por qué creéis que el embudo gravitacional tiene una pendiente más fuerte en el centro que en los extremos?
- ¿Y si generamos en el embudo una órbita circular y otra elíptica a la vez? ¿Qué creéis que puede pasar?
- ¿Y si generamos multitud de órbitas en sentidos inversos? ¿Qué creéis que sucederá después de las colisiones?

Una vez que los alumnos conozcan el funcionamiento del embudo gravitacional estarán ya preparados para acercarse a otros contenidos como la ingravidez, la orientación arriba-abajo, la fuerza gravitatoria y, lógicamente, las órbitas. Para ello, se han elaborado cuatro actividades, que han sido diseñadas apoyándose en el modelo de tabla que se especifica en primer lugar. La primera de ellas se muestra aquí como ejemplo; las otras tres pueden encontrarse en los anexos.

ACTIVIDAD
Introducción motivadora de la actividad
Organizamos la reflexión grupal y detectamos ideas intuitivas
Elaboramos hipótesis
Introducimos experiencias discrepantes

<sup>8</sup> Gravity Visualiced. (<http://www.youtube.com/watch?v=MTY1Kje0yLg>). Consulta: 8 de diciembre de 2013.



¿Qué experimentos podemos realizar?
Extraemos conclusiones
Observaciones, materiales y vídeos utilizados <sup>9</sup>

ACTIVIDAD 1: LA INGRAVIDEZ
<p>Comenzaremos esta actividad motivando a los alumnos mostrándoles una gran variedad de fotos de la Estación Espacial Internacional. Comentaremos entre todos las fotos y trataremos de describir cómo es la estación, qué partes tiene y dónde está.</p>
<p>Vamos a realizar a los alumnos un conjunto de preguntas para que reflexionen sobre ellas en pequeño grupo. Después, pondremos en común las opiniones para el resto de la clase.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- ¿Creéis que se puede vivir sin suelo?</li><li>- Fíjate en las fotos que has visto de la EEI, ¿dónde se apoya? ¿Dónde se apoya la Luna? ¿Dónde se apoyan las estrellas?</li><li>- ¿En el espacio hay suelo? Si es que no, ¿dónde se apoyan los astronautas cuando están en el espacio?</li><li>- ¿Se te ocurre alguna situación en la que tú o tus compañeros pudieseis estar un rato “sin suelo”?</li><li>- ¿Se te ocurren otras situaciones cotidianas o deportes en los que la gente viva “sin suelo” unos segundos?</li></ul>
<p>Propondremos a nuestros alumnos que busquen posibles explicaciones al hecho de que los astronautas floten en el espacio. Solo existen tres hipótesis posibles:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- En el espacio no hay gravedad.</li><li>- La gravedad existe y actúa permanentemente, pero existe alguna otra fuerza que, de alguna forma, la contrarresta.</li><li>- Los astronautas y la estación están permanentemente cayendo.</li></ul>
<p>La propia ingravidez es en sí la mayor experiencia discrepante que podamos afrontar, pues es la que más se aleja de nuestra experiencia común. No obstante, vamos a mostrar en este punto a los alumnos situaciones de ingravidez y situaciones semejantes pero en apariencia no relacionadas a las que posteriormente buscaremos una explicación.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Dos vídeos de personas en caída libre practicando paracaidismo.<sup>1 2</sup></li><li>- Vuelo parabólico de simulación de ingravidez.<sup>3</sup></li><li>- Astronauta en ingravidez.<sup>4</sup></li></ul>
<p>Podemos realizar dos experimentos sencillos encaminados a comprender las semejanzas entre el estado de ingravidez y el estado de caída libre.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Para el primer experimento vamos a necesitar un muelle (o mejor aún, un dinamómetro) y una pelota. Colgamos la pelota del muelle. Nos subimos a cierta altura (por ejemplo, un banco) sujetando el muelle de un extremo con las manos, y nos dejamos caer (sin saltar). Observamos que, antes de caer, el muelle estaba estirado debido a la fuerza del peso de la bola. Pero al dejarnos caer con él, el muelle se encoge.</li></ul>

<sup>9</sup> Todos los videos de *youtube* utilizados en las actividades están operativos a 1 de enero de 2014.



Si el muelle se encoge, podemos pensar que se debe a que la pelota “no pesa”.

- Otra variación de este experimento es hacer lo mismo pero con una botella llena de agua a la que se le ha hecho un agujerito. Por efecto de la gravedad, el agua escapa de la botella por el agujerito, pero comprobamos que durante la caída libre esto no sucede.

Además, propondremos a nuestros alumnos la búsqueda de otras semejanzas entre el estado de ingravidez y la caída libre después de volver a visionar los vídeos anteriores:

- Conservación del momento angular (las personas giran más despacio cuando extienden los brazos, tanto en ingravidez como en caída libre, algo que podremos comprobar comparando la similitud entre personas girando en caída libre y astronautas girando en ingravidez).
- Cuerpo en estado de relajación con los brazos y las piernas semiflexionados en ambos casos.
- Posibilidad de hacer giros y piruetas en el aire.

Al final de esta actividad pretendemos que nuestros alumnos comprueben por sí mismos y vivencien que el estado físico de caída libre es sorprendentemente parecido al estado de ingravidez que viven los astronautas. Los niños y los adultos tendemos a pensar inevitablemente que un astronauta flota en ingravidez porque no actúa sobre él ninguna fuerza gravitatoria. Con esta actividad pretendemos modificar esta idea en nuestros alumnos. Por lo tanto, a la primera conclusión a la que tenemos que tratar de llegar es a la idea de que una persona o un objeto en caída libre están experimentando un estado aparente de ingravidez y sin embargo **sí** se encuentran dentro de un campo gravitatorio.

La idea principal es, pues, que los astronautas, los satélites y la EEI se encuentran en permanente caída libre, pero tanto para los niños como para los adultos esta idea es difícil de asimilar por dos razones:

- No somos capaces de entender que un objeto que esté en caída libre no llegue a estamparse en algún momento contra el suelo, en otras palabras, no podemos entender cómo algo que está cayendo mantiene su altura respecto al suelo invariable.
- Tendemos a visualizar la caída libre y el impacto contra el suelo como algo inminente, pero no somos conscientes de que a grandes alturas un estado de caída libre puede durar varios minutos. Para ello puede ser interesante compartir con nuestros alumnos el famoso y reciente vídeo de Felix Baumgartner saltando desde la estratosfera, en el que la caída libre dura más de cuatro minutos.<sup>5</sup> De la misma forma, es importante que nuestros alumnos visualicen una hipotética caída libre desde mucha más altura. Desde el vacío del espacio o desde la altura de la Luna, ¿cuánto tardaríamos en caer hasta la Tierra? ¿Creéis que hay alguna forma posible para saber, en una hipotética caída libre desde esa altura, en qué orientación estaríamos cayendo? (Ya no hay ningún viento que nos golpee en la cara).

La EEI y sus astronautas en el interior no caen nunca hacia la Tierra porque la fuerza de la gravedad es compensada por la fuerza centrífuga que aparece en todos los movimientos curvos. Las personas solemos visualizar bien esta fuerza cuando un coche da una curva cerrada en pocos segundos (porque es nuestra experiencia cotidiana), pero nos cuesta más visualizarla en una estación que tarda 91 minutos en dar una vuelta a la Tierra y en la que el movimiento curvo es tan lento que apenas se observa. Por eso, es importante que los alumnos investiguen sobre el tiempo que tardan los planetas en dar una vuelta al Sol, según la distancia a la que están alejados de él, y la comparen con el



tiempo que tarda la EEI en dar una vuelta a la Tierra y el tiempo que tardaba una canica en completar un giro en nuestro embudo gravitacional. ¿Eres capaz de imaginar un embudo gravitacional tan grande como la Tierra? ¿Cuánto crees que tardaría la canica en completar una vuelta completa en él? ¿Con qué velocidad crees que tendríamos que tirar la canica hacia un lado para que no cayese al centro?

Materiales utilizados en los experimentos

- Fotos de la EEI
- Dinamómetro o muelle
- Pesos para el dinamómetro
- Botella agujereada

Referencias a los vídeos utilizados en la actividad

1. We are not crazy... WE ARE AMAZING! (<http://www.youtube.com/watch?v=b1An1MFwXxQ>)
2. Skydive Dubai - May 2011 (<http://www.youtube.com/watch?v=xFEN7BQ7Zus>)
3. zeroG Airbus A300 - Novespace Parabolic Flights – France (<http://www.youtube.com/watch?v=1ieR8hIXUlg>)
4. Life on the International Space Station HD (<http://www.youtube.com/watch?v=tgRMAVoHRbk>)
5. Red Bull Stratos - Felix Baumgartner (freefall from the edge of space) [Full jump HD] (<http://www.youtube.com/watch?v=YIj9XGLTGH8>)

## **5.2 EL GLOBO TERRÁQUEO Y EL RELOJ DE SOL**

### **5.2.1 Contenidos**

Utilizando los recursos combinados del globo terráqueo y el reloj de sol se podrán trabajar los siguientes contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales:

- Los puntos cardinales.
- La duración del día en función de las estaciones.
- La posición y trayectoria del Sol en función de los días y las estaciones.
- Los conceptos de solsticio y equinoccio.
- Los conceptos de amanecer, atardecer y mediodía.
- El movimiento de rotación terrestre.
- La inclinación del eje terrestre y sus consecuencias.
- El plano de la eclíptica.
- Por qué algunos meridianos y paralelos tienen nombre propio: Trópico de Cáncer, Trópico de Capricornio, Círculo Polar Ártico y Círculo Polar Antártico.
- Construcción de modelos astronómicos sobre los que experimentar: el globo terráqueo modificado y el reloj de sol.
- Experimentación con modelos astronómicos para elaborar predicciones.

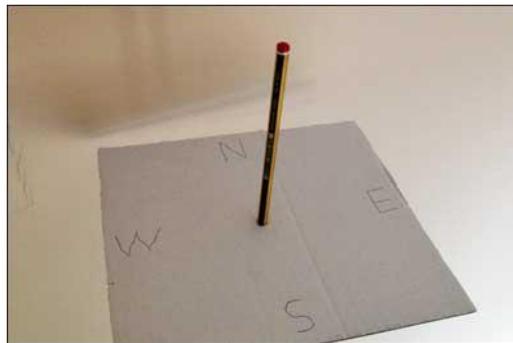


- Valoración de los modelos como medio para realizar predicciones y para comprender los conceptos astronómicos.

### 5.2.2 Metodología y actividades

En primer lugar, los alumnos tendrán que construir los modelos que van a utilizar a lo largo de toda la actividad. Los alumnos trabajarán por grupos. Dirigiendo y configurando estos grupos, el maestro podrá fomentar en el aula el aprendizaje cooperativo.

El primer modelo consistirá en un tipo de reloj de sol cuyo diseño es el más sencillo de todos los que existen. Está compuesto de una base horizontal y un gnomon vertical, tal y como vemos en la Figura 1. Su construcción no lleva más de unos minutos.



*Fig. 1*

Para construir el segundo modelo solo necesitaremos un globo terráqueo, unas pegatinas para indicar los puntos cardinales y un alfiler que hará las veces de gnomon. Deberá quedarnos como se ve en la Figura 2.



*Fig. 2*

Utilizando estos dos modelos como recursos, el maestro podrá abordar de una forma experimental la totalidad de los contenidos que se enuncian en el inicio y, probablemente, muchos otros. Veamos algunos ejemplos:



- El sentido de la rotación terrestre: propondremos a nuestros alumnos que investiguen la dirección de las sombras por la mañana y por la tarde. Para ello pueden emplear las sombras que arrojan objetos verticales como las farolas o utilizar su propio reloj de sol que tendrán que orientar previamente con ayuda de una brújula. Comprobarán que las sombras señalan hacia el NW por las mañanas y hacia el NE por las tardes. Con una linterna y el modelo del globo terráqueo modificado podrán experimentar con la rotación terrestre para ver en cuál de los dos sentidos la sombra que arroja la aguja se corresponde con lo que hemos observado en la realidad. La conclusión es que la Tierra rota de oeste a este.
- El concepto de mediodía: propondremos a nuestros alumnos que iluminen el globo terráqueo y que observen cómo se ilumina solo la mitad del globo. Les pediremos que recreen en él el recorrido que sigue España desde el amanecer hasta el atardecer y, posteriormente, que investiguen sobre cuál es la mitad de ese recorrido y qué características cumple la sombra de nuestra aguja en ese punto concreto del día. Llegaremos a la conclusión de que, en la mitad del día, las sombras alcanzan su tamaño más corto y señalan siempre hacia el norte. Les indicaremos que tracen una línea que señale el norte en su reloj de sol. De esta forma, y con el reloj de sol orientado, los alumnos podrán saber cuándo es exactamente mediodía cada día. A partir de aquí podrán investigar también si el mediodía es siempre a la misma hora o no. Esto podrá servir en el futuro para acercarnos a conceptos más complejos como la ecuación de tiempo.
- La trayectoria del Sol por el cielo: conociendo ya el sentido de la rotación terrestre, les indicaremos a nuestros alumnos que dibujen el recorrido que siguen las sombras a lo largo de un día entero. Para ello, deberán situar primero un pequeño papel debajo de la aguja del globo terráqueo. Un alumno sostendrá la linterna, otro realizará pequeños giros de rotación y un tercero dibujará las sombras que va arrojando la aguja en el papel inferior. En el propio papel en el que se dibujarán las sombras también hay que dibujar los puntos cardinales. Después, se extraerá el papel y se dibujarán esas mismas sombras a una escala mayor sobre el reloj de sol. Las sombras podrán numerarse para saber qué orden siguen. Después, los alumnos irán experimentando uno por uno con la linterna y el reloj de sol para conseguir que el lápiz arroje las sombras que hemos



dibujado. La linterna representará el Sol y los alumnos podrán comprobar cómo éste sale por el este, corona hacia el sur y se esconde por el oeste.

Como podemos ver, conociendo en esencia los principales conceptos astronómicos podemos encontrar la forma de trabajarlos a partir de estos dos modelos. La metodología principal de estas actividades consiste en un constante viaje de ida y vuelta entre el globo terráqueo y el reloj de sol, o lo que es lo mismo, un viaje de ida y vuelta entre dos sistemas de referencia que funcionan de la misma forma pero que están orientados de forma diferente. Con solo utilizar esta metodología veremos que aparecen también conceptos astronómicos de forma indirecta. Por ejemplo, el alumno puede preguntarse por qué siempre tenemos que enfocar al globo terráqueo situando la linterna (el Sol) en el mismo plano (el plano del suelo). Podremos explicarle sencillamente que esto debe ser así porque la Tierra, el Sol y los planetas se mueven siempre en el mismo plano (plano de la eclíptica), tal y como habrán observado en innumerables representaciones del Sistema Solar.

### **5.3 EVALUACIÓN**

La evaluación es un componente imprescindible en cualquier diseño educativo. Solo teniendo muy claro cómo debe funcionar la evaluación podremos ajustarnos a las ideas presentes en los niños y podremos reestructurar las actividades diseñadas para adaptarlas al contexto. Centrar la evaluación en estas dos ideas será igual o más importante que orientarla solo a conocer qué aprendizajes adquirieron los alumnos y si alcanzaron los objetivos fijados.

El diseño metodológico aquí expuesto es solo un boceto orientado a enriquecer la enseñanza y construido principalmente sobre los recursos y la metodología, pero que no especifica ni concreta todas las variables que deben existir en el proceso educativo (objetivos, contenidos por sesión, sesiones y duración de las sesiones, etc.). Es por ello que solo se plantea una pequeña guía que nos indicará, con carácter general, qué aspectos hay que considerar a la hora de diseñar la evaluación de un proyecto didáctico científico.

Vega (2012) nos explica los tres tipos de evaluación sobre los que se debe trabajar en todo proyecto de didáctica de las ciencias:



- Evaluación predictiva: es una evaluación centrada en la mejora de la enseñanza y en el alumno como medio para dicha mejora. La observación debe partir de las conversaciones con los alumnos y de una atenta consideración hacia las ideas e intereses que ellos manifiestan.
- Evaluación formativa sobre el contenido: esta evaluación consiste en una pequeña reelaboración y reestructuración constante de los contenidos para adaptarlos a los cambios que el contexto producirá inevitablemente en nuestras programaciones una vez que las llevemos a la práctica. También se incluyen aquí los criterios que se deben establecer para evaluar el desarrollo de las actividades experimentales: adecuación del material, adecuación del aula, etc.
- Evaluación formativa sobre el alumno: esta evaluación debe ser de dos tipos. Por un lado el maestro deberá adaptar constantemente los **agrupamientos** entre alumnos y el **ritmo de trabajo**. Por otra parte, el maestro debe llevar un registro de los aprendizajes adquiridos, ya sean conceptuales, procedimentales o actitudinales.

¿En qué debemos fijarnos para detectar los aprendizajes que se han conseguido y en qué medida? Para responder a esta pregunta debemos volver sobre las competencias que se pretendían trabajar con este proyecto. Dos de ellas son la competencia para aprender a aprender y la autonomía e iniciativa personal. Para reconocer el desarrollo de estas competencias existe un indicador principal: el **cambio actitudinal** hacia el trabajo realizado y hacia los aprendizajes. Si observamos que el alumno va siendo cada vez más autónomo en el trabajo con los experimentos (**procedimientos**) y manifiesta una ilusión e interés crecientes por todo aquello que puede conseguir con ellos, la conclusión es clara.

Por otra parte, Vega (2012) propone tres recursos que pueden resultar de gran utilidad para registrar y hacer un seguimiento de los aprendizajes conceptuales y de los procedimientos de trabajo de los alumnos:

- Tablas de observación.
- Elaboración de gráficas sobre el progreso de cada alumno.
- Utilización de la pizarra digital por parte de los niños para concluir visualmente los resultados del experimento.



## **6. CONCLUSIONES**

El primer objetivo que se planteó con este trabajo fue el de seleccionar las ideas principales de la didáctica de las ciencias que pudieran servirnos para la didáctica de la astronomía. Consideramos que en ese aspecto se ha hecho un trabajo aceptable, pero todavía queda mucho por hacer. La bibliografía existente en esta materia es muy extensa y el valor de las ideas expuestas reside también en la magnitud de la revisión bibliográfica que se haya realizado. Pensamos que se han seleccionado algunas ideas de las más importantes e indicadas para utilizar en un proyecto de astronomía, pero es bien seguro que existirán otras muchas que puedan resultar útiles para este propósito y a las que no se ha conseguido acceder. El éxito residía también en la capacidad de resumir estas ideas. Probablemente, esto no se haya conseguido del todo, ya que se ha optado por ilustrarlas y ejemplificarlas, tal vez en exceso, lo que ha contribuido a alargar la extensión del trabajo.

El segundo objetivo planteado en este trabajo era el de relacionar ideas de la psicología con conceptos de la didáctica de las ciencias. En ese aspecto, creemos que se ha hecho un buen trabajo y que se ha conseguido ilustrar y defender aceptablemente una tesis que quizá pueda ser tomada como referencia en el futuro a la hora de diseñar proyectos para enseñar ciencias en Educación Primaria.

El tercer objetivo consistía en elaborar un pequeño diseño didáctico mediante el que poder ilustrar todas las ideas expuestas en la fundamentación teórica. Creemos que esto se ha conseguido aunque con algunas carencias. El objetivo de este diseño era simplificar la utilización de los recursos elegidos y la especificación de una metodología para utilizarlos. Se ha realizado un trabajo importante en este aspecto en el sentido de que se han conseguido diseñar algunas actividades novedosas y que plantean la didáctica de la astronomía de una forma diferente e innovadora. Por otro lado, el intentar plasmar todas las ideas en los recursos elegidos ha generado, quizás, un poco de caos y anarquía a la hora de estructurar y secuenciar, por ejemplo, todas las preguntas que se han utilizado en la primera actividad.

Este proyecto pretende ser una guía para todos aquellos maestros que tengan interés e iniciativa en aprender permanentemente sobre educación y deseen mejorar la enseñanza de las ciencias y, más concretamente, de la astronomía en sus aulas. Para



ello, se han presentado una serie de recursos en los que se presupone un gran valor didáctico, pero que han sido diseñados también con carácter abierto. Esto significa que lo que aquí se expone debe ser, en primer lugar, asimilado por el maestro que desee llevarlo a la práctica. Después, cada educador tendrá que adaptar estos recursos a las características del contexto en el que se desenvuelva. Por otra parte, el maestro deberá trabajar también para seleccionar los contenidos que quiere enseñar con estos recursos y elegir cuál es la mejor forma para hacerlo partiendo de todo lo que aquí se ha expuesto y de las ideas que se han proporcionado.

Los recursos han sido diseñados pensando también en la disponibilidad de materiales de los centros. Se ha intentado adaptarlos de forma que el acceso a ellos sea posible para el maestro. Por ejemplo, disponer de un embudo gravitacional como los de los museos será prácticamente imposible, por lo que se investigó la forma de crear uno partiendo de una pieza de tela elástica y unos soportes, una sencilla pero poderosa adaptación que podrá contribuir a que se haga posible el trabajo con el embudo gravitacional en las aulas. El resto de los materiales descritos en el proyecto formará parte, seguramente, del material original que poseen los centros. En caso contrario, tampoco será difícil que los alumnos puedan conseguirlos.

Una de las conclusiones más importantes a las que se ha llegado trabajando en este proyecto ha sido la importancia del cambio de paradigma a la hora de pensar en la selección de los contenidos. Inconscientemente, los maestros tratamos de elegir los contenidos con la idea de no dejarnos nada del programa en el tintero, de no dejar nada en el libro de texto sin tocar. Hemos visto que esto es un gran error, especialmente en la didáctica de las ciencias. Sin duda, resultará mucho más productivo pensar en los mejores recursos de que disponemos y en ideas de la didáctica y utilizarlos como punto de partida para seleccionar los contenidos que mejor se adaptan a ellos, que seguramente terminarán siendo también los que más motivan a los alumnos, ya que serán los que mejor comprenderán. En astronomía hemos tendido a enseñar a los niños las estaciones y la órbita de la Tierra primero y después nos hemos empeñado en que entendiesen por qué en verano hace más calor que en invierno, sin mucho éxito. Ahora hemos visto como lo más difícil de comprender debe enseñarse primero empleando para ello todos los recursos. Después, seguramente, el alumno descubrirá el resto, lo fácil, por sí mismo.



Observamos también como, en educación, seguimos otorgando inconscientemente una importancia superior a algunas competencias en detrimento de otras. A la mayoría de nosotros se nos llena la boca hablando de las competencias para aprender a aprender y de la autonomía e iniciativa personal. Algo en nuestro interior nos dice que sí, que realmente esas son las competencias que más contribuirán en nuestra edad adulta al progreso en la vida. Pero seguimos sin saber qué hacer para desarrollarlas eficazmente en la escuela y seguimos considerándola en nuestros diseños tan solo de una forma somera. ¿Y si la clave para trabajar de verdad esas competencias radica también en la forma en la que seleccionamos los contenidos y en ellos mismos? Esta es una de las ideas más importantes que han aparecido en este trabajo. En didáctica de las ciencias, algunas actividades se prestarán más para trabajar mediante experiencias discrepantes, otras serán más oportunas para elaborar hipótesis y predicciones y habrá unas terceras que nos permitirán diseñar unos experimentos productivos, interesantes e innovadores. Si elegimos los contenidos sin tener en cuenta todas estas ideas terminaremos frustrándonos por no encontrar recursos para trabajar cada cosa. Por otro lado, si los elegimos teniendo presentes todas estas ideas expuestas sabremos ya cómo tendremos que enfocar la metodología para desarrollar cada actividad.

Y por último, debemos cuestionarnos el alcance que puede llegar a tener el desarrollo del pensamiento experimental. Vivimos en una sociedad en la que teorizar está mal visto, en la que la mayoría de las personas, cuando no pueden explicar algo, se conforman con un “yo no me planteo esa situación”. Esta cultura debe ser erradicada completamente en las aulas, en las que debe fomentarse con gran intensidad la actitud contraria, la de cuestionarse el “qué pasaría si...”. Porque este es el último y el más alto escalón que puede alcanzarse en el conocimiento científico. Porque solo comprendiendo todas las posibilidades podremos hacer predicciones certeras y tomar las decisiones apropiadas para avanzar en la dirección que nos proponemos.



## 7. REFERENCIAS

Aranda, R. y otros. (2012). <i>La experimentación en la enseñanza de las ciencias</i> . Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.
Burtscher, I. (2011). <i>Pequeños-grandes científicos. Experimentamos con el agua, el aire, los fenómenos atmosféricos, el Sol y la Luna y el tiempo</i> . Madrid: Narcea, S.A. de Ediciones.
Caravaca Martín, I. (2010). Conocimiento del entorno: acercamiento infantil al saber científico. <i>Revista Digital Innovación y experiencias educativas</i> , núm. 36.
Claxton, G. (1994). <i>Educar mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela</i> . Madrid: Visor.
«Decreto 142/2007, de 26 de junio, por el que se establece la ordenación de las enseñanzas en la educación primaria». <i>Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya</i> , núm. 4915, 29 de juny de 2007.
Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. (1989). <i>Ideas científicas en la infancia y la adolescencia</i> . Madrid: Ediciones Morata S. L.
Friedl, A. (1997). <i>Enseñar ciencias a los niños</i> . Barcelona: Gedisa.
García, S. y Martínez, C. (2013). <i>Inmersos en el aire miramos al cielo. Los fenómenos atmosféricos y astronómicos</i> . Barcelona: Graó.
Jiménez Aleixandre, M. P. (Coord.); Caamaño, A.; Oñorbe, A.; Pedrinaci, E. y de Pro, A. (2003). <i>Enseñar ciencias</i> . Barcelona: Graó.
Lahera, J. (2007). <i>Aprendiendo física básica en el laboratorio</i> . Madrid: Editorial CCS.
Martí, J. (2012). <i>Aprender ciencias en la educación primaria</i> . Barcelona: Graó.
Martín Bravo, C. y Navarro Guzman, J. (Coords). (2009). <i>Psicología del desarrollo para docentes</i> . Madrid: Ediciones Pirámide.
Meiani, A y otros. (2000). <i>El gran libro de los experimentos. Más de 200 experimentos para aprender a divertirse con la ciencia</i> . Madrid: Editorial San Pablo.
Nieda, J. y Macedo, B. (1997). <i>Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años</i> . Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos.



«ORDEN ECI/2211/2007, de 12 de julio, por la que se establece el currículo y se regula la ordenación de la Educación primaria». *Boletín Oficial del Estado*, 20 de julio de 2007, núm. 13972.

«ORDEN ECI/3857/2007, de 27 de diciembre, por la que se establecen los requisitos para la verificación de los títulos universitarios oficiales que habiliten para el ejercicio de la profesión de Maestro en Educación Primaria». *Boletín Oficial del Estado*, 29 de diciembre de 2007, núm. 22449.

Popper, K. (1991). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Editorial Tecnos.

Red española de información sobre educación. *La enseñanza de las ciencias en Europa: políticas nacionales, prácticas e investigación*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

Repetto Jiménez, E. y Mato Carrodegua, M. (1998). *Los contenidos de Física y Química en el currículo de la Educación Primaria: orientaciones didácticas*. Manuales docentes de Educación Primaria: ULPGC.

Tonucci, F. (1983). *Con ojos de niño*. Barcelona: Editorial Barcanova.

Vega, S. (2012). *Ciencia 3-6. Laboratorios de ciencia en la escuela infantil*. Barcelona: Graó.



## 8. ANEXOS

### ACTIVIDAD 2: LOS ASTRONAUTAS Y LA FUERZA G

Vamos a motivar a nuestros alumnos mostrándolos un vídeo en el que un astronauta es sometido en la centrifugadora a una fuerza de varias veces G como medio de entrenamiento para los viajes espaciales.<sup>1</sup>

Haremos que nuestros alumnos reflexionen en pequeño grupo sobre las siguientes preguntas:

¿Qué piensas que sienten los astronautas durante el despegue? ¿Y durante la reentrada?  
¿Qué sentimos nosotros si el coche donde nos encontramos acelera bruscamente?  
¿Durante cuánto tiempo lo sentimos? ¿Sentimos también lo mismo siempre que el coche se está moviendo?

Imagina que quieres pesarte en una báscula de suelo, ¿cuánto crees que marcaría si te pesas en un ascensor que está subiendo, más o menos que tu peso en reposo? ¿Y si el ascensor en el que te vas a pesar queda en caída libre? ¿Cuánto marcaría entonces la báscula?

¿Qué crees que sienten los astronautas cuando entrenan en la centrifugadora? ¿Por qué crees que lo hacen?

A partir de la reflexión que hemos propuesto se pueden elaborar diversas hipótesis:

La fuerza que ejercemos contra el suelo es siempre la misma.

La fuerza que ejercemos contra el suelo es mayor cuando nos suben hacia arriba y menor cuando nos bajan hacia abajo.

Cualquier aceleración produce en nosotros una fuerza.

Cualquier movimiento en curva produce en nosotros una fuerza.

Para esta actividad vamos a trabajar con la siguiente experiencia discrepante:

Vamos a visualizar un vídeo en el que veremos el despegue de un cohete y su viaje hacia la órbita terrestre filmado desde el interior de la cápsula en la que viajan los astronautas. En un momento del vídeo, en el interior de la cápsula, se intuye una pequeña explosión y al momento vemos algunos objetos volar en ingravidez.<sup>2</sup> ¿Qué ha pasado?

Para entender qué es la fuerza G y cómo varía según las fuerzas a las que estemos sometidos, los alumnos pueden vivenciar diferentes experiencias:

Utilizar una báscula de suelo y pesarse dentro de un ascensor en movimiento. ¿Cuánto pesas con el ascensor parado? ¿Qué pasa justo cuando el ascensor arranca? ¿Qué peso marca la báscula cuando el ascensor sube de forma uniforme? Si tu peso normal es 1G, ¿a qué peso en fuerza G has llegado cuando el ascensor comenzaba a subir?

Utilizar una báscula de suelo para pesarse dentro del aula. ¿Cuánto pesas en reposo? ¿Qué pasa si coges un poco de inercia hacia abajo y la detienes de golpe? Haciendo este



ejercicio, ¿hasta qué valor puedes conseguir que marque la báscula? ¿Puedes conseguir el doble de tu peso (2G)? ¿Durante cuánto tiempo? ¿Es posible saltar hacia arriba y que la báscula no marque durante tu impulso más de tu peso?

Utilizando un dinamómetro o un muelle simple los alumnos pesarán un objeto midiendo la elongación del muelle. Después, experimentarán para conseguir que el dinamómetro marque dos o tres veces su peso (se elongue el doble o el triple). ¿Cómo puedes conseguir que el dinamómetro se estire más con el mismo peso? (Moviendo el muelle en círculos como si fuese una honda). ¿Tiene alguna semejanza el procedimiento que has seguido para conseguir una fuerza G mayor con el que usan los astronautas en la centrifugadora?

Los alumnos experimentarán sobre la fuerza que se puede conseguir mediante la aceleración. Un alumno puede probar a sentarse en la silla y su compañero a empujarle haciendo algo de fuerza en el respaldo.

La fuerza G es un concepto que utilizamos poco o nada en nuestra vida cotidiana pero que se emplea frecuentemente en ciertos deportes y en el mundo de la astronáutica. Entender lo que significa una fuerza de varias veces G es importante para que nuestros alumnos puedan imaginarse las experiencias que viven los astronautas en su viaje al espacio y en la reentrada.

La conclusión principal sobre la que orientaremos nuestra reflexión es la idea de que mediante la aceleración podemos lograr que nuestros cuerpos sientan una fuerza que, si se superpone a la de nuestro propio peso, podemos conseguir que la duplique o triplique, de forma que podamos sentir varias veces nuestro propio peso. La aceleración que produce fuerzas puede ser tanto tangencial (en línea recta) como normal (en círculos). Gracias a esta última podemos lograr una fuerza de varias veces G manteniéndonos en la misma sala.

Para que nuestros alumnos relacionen los aprendizajes sobre la fuerza G con la aventura de los viajes espaciales, vamos a utilizar, al final de esta actividad, dos vídeos muy interesantes que explican el despegue y la reentrada de la nave espacial Soyuz<sup>3 4</sup>, y otro en el que se indica la velocidad que lleva el transbordador durante el despegue<sup>5</sup>. Con esta actividad perseguiremos que nuestros alumnos comparen el velocímetro de un coche cualquiera acelerando con el velocímetro del cohete Soyuz para que así se hagan una idea de cuál es la intensidad y la duración de la aceleración en un vehículo y en el otro. Durante los videos pondremos situaciones teóricas a nuestros alumnos:

¿Cuánto marcaría un dinamómetro durante el despegue y la reentrada en el interior de la cápsula?

¿Qué marcaría el dinamómetro en el momento en que se apagan los cohetes? (Recuerda la experiencia que planteamos al comienzo de la actividad). ¿En qué momento experimentan los astronautas la ingravidez por primera vez?

¿Cuántas Ges eras capaz de alcanzar tú saltando sobre la báscula durante centésimas de segundo y cuántas Ges experimentan los astronautas durante varios minutos?

Materiales utilizados en los experimentos



Báscula de suelo  
Dinamómetro  
Sillas

#### Referencias a los vídeos utilizados en la actividad

High G-Force Centrifuge Training - Angry Planet (<http://www.youtube.com/watch?v=TGHvFpNCrtQ>)  
[ISS] Launch of Manned Soyuz TMA-04M With Expedition 31. ([http://www.youtube.com/watch?v=OWU4F6XMg\\_w](http://www.youtube.com/watch?v=OWU4F6XMg_w)) (11:38).  
The Soyuz launch sequence explained. (<http://www.youtube.com/watch?v=AVvgpKt5uCA>)  
Soyuz undocking, reentry and landing explained. (<http://www.youtube.com/watch?v=-I7MM9yoxII>)  
STS-134 - The final launch of Endeavour - Full Launch in HD. (<http://www.youtube.com/watch?v=ShRa2RG2KDI>)

### ACTIVIDAD 3: ¿QUÉ SIGNIFICA ESTAR EN ÓRBITA?

Vamos a motivar a nuestros alumnos mostrándoles un vídeo grabado desde la EEI. En él podemos observar como la EEI se encuentra constantemente girando alrededor de la Tierra.<sup>1</sup>

Haremos que los alumnos reflexionen en pequeño grupo en torno a las siguientes cuestiones. Después, las pondremos en común para el resto de la clase.

- ¿Qué pasa si tiras una piedra al aire? ¿Vuelve a caer?
- ¿Y si la tiras con mucha fuerza?
- Reflexiona sobre el vídeo que has visto en la introducción y obsérvalo atentamente. Pudiera parecer que la EEI está quieta y que es la Tierra la que gira bajo sus pies, sin embargo, sabemos que es la EEI la que gira y no al revés. ¿Por qué? (Fíjate en las estrellas de fondo).
- ¿Por qué crees que la EEI está siempre girando alrededor de la Tierra?
- ¿Por qué la Luna gira alrededor de la Tierra? ¿Por qué los planetas giran alrededor del Sol? ¿Por qué, en el universo, todo parece girar alrededor de todo?
- ¿Dónde comienza el espacio? Si saltas desde un árbol, caes; si saltas desde un avión, caes; si saltas desde un globo aerostático (mucho más alto que un avión), caes. Si saltas desde una altura de 1000 km (superior a la de la EEI), ¿caes? ¿A qué altura dejas de caer?

Plantaremos la siguiente pregunta a modo de experiencia discrepante:

- ¿Y si tirásemos una piedra hacia el aire con tanta fuerza que ya nunca volviese a caer? ¿A dónde iría?

Mostraremos a los alumnos el gráfico-tipo con el que mejor se explica el concepto de órbita: un cañón disparando un proyectil desde lo alto de una montaña hacia el horizonte. También podemos hacer una analogía entre el concepto de órbita y los saltos de esquí, con vistas a que los alumnos visualicen el concepto de “la Tierra que se curva bajo nuestros pies mientras caemos.

Pediremos a los alumnos que dibujen en su cuaderno el gráfico del cañón de la cima de la montaña y que dibujen las trayectorias esperadas en el proyectil en función de un lanzamiento con diferentes velocidades. Empezaremos realizando estos dibujos sobre una Tierra teóricamente plana para poco a poco ir alejándonos e ir mostrando en los



dibujos la curvatura de la Tierra. Los alumnos elaborarán hipótesis en pequeños grupos trabajando sobre las siguientes preguntas:

- ¿Es posible arrojar un proyectil al aire con tanta velocidad que ya no vuelva a caer?
- ¿A partir de qué altura en el espacio comienza la ingravidez? ¿En qué momento exacto los astronautas que viajan al espacio comienzan a sentir la ingravidez?
- Un objeto que se encuentre inmóvil en el espacio, ¿cae a algún lado o permanece siempre inmóvil?
- Si los satélites siguen trayectorias curvas, ¿por qué no se alejan de la Tierra? ¿Por qué la Luna no se aleja de la Tierra y la vemos cada vez más pequeña? ¿Qué la mantiene siempre junto a nosotros?
- ¿Cómo pueden hacer los astronautas para volver a la Tierra desde la EEI?

Sin duda, el mejor experimento para que nuestros alumnos visualicen, experimenten personalmente y se acerquen al concepto de órbita es el embudo gravitacional<sup>2 3 4 5</sup>. Un experimento sencillo para que los alumnos comprendan lo que los astronautas tienen que hacer para volver a bajar a la Tierra desde la EEI es visualizar este proceso en el embudo gravitacional. Si tenemos una canica girando alrededor del centro, ¿qué podemos hacer para que caiga hacia el embudo? (Disminuir su velocidad, por ejemplo, soplando).

Volveremos sobre las hipótesis planteadas al comienzo de la actividad para tratar entre todos de buscar sus respuestas **visualizando** el embudo gravitacional. Además, plantaremos nuevas preguntas a nuestros alumnos para que sepan asignar la relación correspondiente entre el embudo gravitacional y la realidad:

- ¿Qué representa el suelo en el embudo gravitacional?
- ¿Por qué el embudo gravitacional tiene más pendiente cerca del centro que en los extremos? ¿Qué relación tiene esto con la realidad?
- Imagina que eres una pequeña canica en la superficie de la Tierra, es decir, en el fondo del embudo, ¿puedes evitar caer en el suelo solo si saltas en dirección vertical?
- ¿Qué trayectoria tienes que seguir lejos del suelo para evitar caer al interior del embudo? ¿Qué semejanzas encuentras entre ese movimiento y el movimiento de la Estación Espacial Internacional? ¿Y entre las órbitas de la Luna y los planetas?
- Los satélites y la Luna en órbita, ¿se encuentran fuera de la atracción gravitatoria?
- Observa el embudo gravitacional compuesto e imagina que un agujero representa la Tierra y el otro la Luna, sabiendo que el resto de la superficie representa el espacio, ¿existe algún punto en el que un objeto pueda permanecer inmóvil en el espacio sin caer hacia ninguno de los dos agujeros?
- Observa las canicas en órbita. Conocemos una fuerza, la gravedad, que empuja a las canicas hacia el fondo del embudo y, sin embargo, no caen, ¿qué otra fuerza puede estar contrarrestando a la fuerza gravitatoria?
- En el embudo gravitacional todas las canicas terminan cayendo tarde o temprano al fondo del embudo, sin embargo, en el espacio esto no sucede con los planetas y los satélites, que permanecen en sus órbitas por tiempo indefinido, ¿por qué?
- En el embudo gravitacional podemos conseguir que las canicas mantengan órbitas muy rápidas y muy cercanas al suelo; sin embargo, en la Tierra, las órbitas más bajas se encuentran ya a mucha altura sobre el suelo. ¿Por qué?

Materiales utilizados en los experimentos



- Banda de tela elástica
- Pinzas
- Pelotas lisas
- Objetos pesados

#### Referencias a los vídeos utilizados en la actividad

1. Earth -Time Lapse View from Space/Fly Over -Nasa (<http://www.youtube.com/watch?v=ls9yJTphLxg>)
2. Gravity Visualized (<http://www.youtube.com/watch?v=MTY1Kje0yLg>)
3. Gravitation Funnel Marble Run ([http://www.youtube.com/watch?v=\\_wPsTs2dt04](http://www.youtube.com/watch?v=_wPsTs2dt04))
4. Science of Hyperbolic Funnel by HyperTek (<http://www.youtube.com/watch?v=JIMpd9wO3Rw>)
5. Imbuto Gravitazionale - Gravitational funnel (<http://www.youtube.com/watch?v=GYhzTU9JnIQ>)

### ACTIVIDAD 4: EL SUELO Y EL TECHO

Vamos a motivar a nuestros alumnos mediante el visionado de un divertido vídeo<sup>1</sup> de *youtube* que los irá poniendo en situación sobre lo que van a aprender y actuará también como una pequeña experiencia discrepante. En el vídeo observamos un escalador subiendo por lo que a primera vista nos parece una pared vertical, pero después la cámara se sitúa horizontalmente y comprobamos que lo que parecía una pared es en realidad el suelo.

Los alumnos debatirán en pequeño grupo sobre las siguientes cuestiones. Elaborarán respuestas grupales por escrito y después las pondrán brevemente en común.

- ¿Cuál es el suelo en el vídeo que acabamos de ver?
- ¿Qué creías que era al comienzo del vídeo el hielo por donde va el alpinista, el suelo o la pared? ¿Por qué?
- ¿Cómo sabemos distinguir en la vida cotidiana lo que es el suelo de lo que es una pared o el techo? ¿Y si intentan engañarnos como en el vídeo?

Es previsible que los alumnos, como muchos adultos, tengan un concepto de la orientación arriba-abajo fuertemente condicionado por el pensamiento lógico de la realidad cotidiana, en la que siempre observamos a los objetos caer en la misma dirección, a pesar de la curvatura de la Tierra.

En esta actividad los alumnos pueden establecer las siguientes hipótesis:

- Existe una direccionalidad absoluta en el universo de arriba y abajo.
- Los conceptos arriba y abajo dependen de la orientación que tenga la cámara. Abajo siempre es la base del encuadre y arriba es el techo.
- Arriba y abajo es una dirección independiente del encuadre y paralela siempre a las trayectorias de los objetos en caída libre.

Visionamos un vídeo<sup>2</sup> de la EEI en *youtube*, sobre el que iremos comentando las numerosas experiencias discrepantes que en él aparecen:

- El astronauta atraviesa módulos con diferentes orientaciones y en todos ellos tiene que elegir un “suelo”, aunque los diferentes “suelos” no tengan la misma orientación entre sí.
- En un momento dado vemos que la cinta para correr está situada en la pared en lugar de en el suelo.



- Al final del vídeo, la máquina de entrenamiento parece estar en el techo, pero tanto el astronauta como la cámara que graba giran 180 grados y lo que parecía el techo se convierte sin problemas en el suelo.

Visionamos otro vídeo<sup>3</sup> en el que podemos observar cómo la EEI orbita a gran velocidad sobre la Tierra y sin embargo siempre tenemos la sensación de que estamos “encima” de la Tierra y nunca debajo como intuitivamente debería parecernos cuando sobrevolásemos la Antártida, continente que siempre hemos localizado “debajo” de la Tierra.

Un experimento interesante para superar el egocentrismo y la rigidez de nuestro sistema de referencia consiste en que los propios alumnos creen sus fotos y vídeos en los que el suelo o el techo sean concebidos como otros puntos de orientación diferentes, al igual que con el ejemplo de la introducción. Los alumnos experimentarán con diferentes encuadres y tratarán de engañar con sus fotos a sus compañeros sobre la orientación arriba-abajo.

Hablar de direccionalidad arriba-abajo solo tiene sentido cuando nos encontramos firmes en la superficie de algún cuerpo y presionados por su fuerza gravitatoria.

Una actividad interesante para concluir este apartado será la siguiente: el profesor seleccionará una gran cantidad de fotografías, tanto de la superficie de la Tierra, como del espacio o de astronautas en la EEI. Las fotografías se irán proyectando en clase con orientaciones aleatorias y entre todos decidiremos cuál debe ser la orientación correcta. En algunas fotos será lógico hablar de orientación correcta y en otras no, en las que haremos ver a los alumnos que cualquier orientación es posible porque no existen el arriba ni el abajo.

#### Materiales utilizados en los experimentos

- Cámaras de fotos
- Proyector o portátil para visionar las fotos

#### Referencias a los vídeos utilizados en la actividad

1. Y cuando llega el invierno... Hielooooooooo (<http://www.youtube.com/watch?v=LHrb0wrFeS4>)
2. International Space Station Tour 2012 (HD) ISS Tour ([http://www.youtube.com/watch?v=afBm0Dpfj\\_k](http://www.youtube.com/watch?v=afBm0Dpfj_k))
3. 200 Miles Above Earth - Time Lapse View from the ISS at Night (<http://www.youtube.com/watch?v=82JyM0h6ukw>)

### ¿Cómo podemos rentabilizar didácticamente un avistamiento de la EEI?

La Estación Espacial Internacional es visible desde la Tierra en determinadas situaciones. Si queremos aprovechar este recurso para aprender, para generar motivación y, a la vez, para introducir a nuestros alumnos en la observación astronómica de una forma diferente, novedosa y didáctica, podemos trabajar previamente sobre las siguientes ideas:

¿Por qué podemos ver la EEI?

Haremos que los niños investiguen en la web ‘ISS Observation’ (<http://iss.astroviewer.net>) hasta que encuentren la siguiente frase:



“The International Space Station can easily be spotted with the naked eye. Because of its size (110m x 100m x 30m) it reflects very much sunlight.”

A partir de aquí podemos explicar que la ISS brilla en el cielo porque, al igual que la Luna, la infraestructura de la ISS y sus placas solares reflejan una gran cantidad de luz solar.

¿Cuándo es visible la ISS?

La ISS brilla porque refleja la luz del Sol. Por el día será obviamente invisible, porque la luz del Sol nos deslumbra y hace que todos los objetos celestes, salvo la Luna, sean invisibles. Por otra parte, de noche la ISS se encuentra en la zona de sombra de la Tierra y por lo tanto tampoco recibe luz del Sol. Así pues, la ISS solo puede ser visible en los atardeceres y en los amaneceres. En estos momentos la luz del Sol ya no nos deslumbra, pero la ISS aún recibe luz solar debido a la altura a la que se encuentra.

¿Cuánto brilla la ISS?

Explicaremos a nuestros alumnos que esto dependerá, al igual que otros cuerpos celestes, de la luz que emita y la distancia a la que se encuentre de nosotros. La ISS orbita a unos 400 km de altura, lo que significará que si pasa por encima de nosotros la tendremos a una distancia de 400 km. Por otra parte, si sobrevuela una zona lejana tendremos que ser conscientes de que aparecerá más baja en el cielo y su brillo será menor. Para hacernos una idea del brillo de la ISS los alumnos seleccionarán la posición de España en la web ‘ISS Observation’ y accederán a los próximos avistamientos que acontecerán en nuestra zona. En ellos se especifica la magnitud (brillo máximo) que se expresa mediante un número negativo. Cuanto más pequeño es el número más brilla el objeto celeste (un objeto de magnitud -4 brilla más que uno de -3). La ISS puede alcanzar un brillo máximo en nuestra zona de -3,2, equiparable al de Venus y superior al de las estrellas más brillantes si las condiciones son favorables.

¿A qué velocidad se mueve la ISS por el cielo?

Los alumnos han estudiado que la ISS orbita la Tierra a una velocidad cercana a los 28.000 km/h. Conociendo este dato trabajaremos con algunas preguntas y suposiciones. ¿A qué velocidad vuela un avión? ¿A qué altura vuelan los aviones en el cielo? ¿Con qué velocidad vemos moverse un avión? La ISS se desplaza a una velocidad alrededor a 30 veces superior a la de un avión, pero por otro lado, la ISS se encuentra 30 veces más lejos de nosotros que un avión. Por lo tanto veremos que la ISS se desplaza por el cielo con una velocidad similar a la que lo hace un avión.

¿Qué recorrido seguirá la ISS por el cielo?

Para conocer esto trabajaremos sobre la trayectoria que seguirá la ISS en cada avistamiento. Dicha trayectoria aparece dibujada en la web ‘ISS Observation’. El maestro podrá imprimir un mapa del avistamiento para cada grupo de alumnos y ellos



tendrán que orientarlo con ayuda de la brújula. Una vez orientado podremos deducir a qué orientación tendremos que mirar y a qué altura en el cielo conociendo la distancia a la que se encontrará de nosotros la ISS cada momento. Podremos conocer también la posición de la ISS en directo en la web [www.isstracker.com](http://www.isstracker.com).

