

DEPARTAMENTO DE ASTROFÍSICA

Universidad de La Laguna

**ESTRATEGIAS Y RECURSOS DIDÁCTICOS EN LA DIVULGACIÓN DE LA
FÍSICA SOLAR PARA NIÑOS**

Memoria presentada por

Raúl Martínez Morales

www.astrodidactico.com

Diploma de Estudios Avanzados

Programa de Doctorado
Física del Cosmos

Área de Conocimiento
Astronomía y Astrofísica

Directora del Proyecto de Investigación

Dra. Inés Rodríguez Hidalgo

INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS
julio de 2004

*A la Estrella Paco
y al Sol María,
y a todas sus Lunas, Planetas
y Lunillas.*

Agradecimientos

... Y llegó la hora de tocar fin este proyecto, después de un largo periodo, en el que de, una forma directa o indirecta, han sido muchos los amigos y amigas que se han visto involucrados.

Desde aquellos tiempos en el Castillo S. Gabriel cuando compartía interesantes experiencias y amistad con Alexis, después con David y con Jorge aquellos diseños tan bonitos del Sol-giraSol para los más pequeños.

Desde lejos, Choni fue energía impulsora y ayuda en la crítica y elaboración, también lo fueron Nieves y Charo.

Llegó la época del planetario itinerante, en el que fue imprescindible la ayuda y el apoyo de mis queridos amigos Carmelo, Juan “el simple”, Luis “el chamán”, Macarena, Cristina, Chema y Belén; el planetario también os lo agradece.

Y todo esto en un extraordinario entorno como es la isla de Lanzarote, a la que también rindo mis elogios, a sus niños encantadores (no todos) que en la difícil tarea de enseñarles astronomía me enseñaron cómo y qué hay que enseñar, aunque parezca paradójico. A sus gentes, su aire y su mar, y a todos los amigos de aquella Isla del Universo.

... y en la última etapa, en el corralín del primer pasillo del IAC, a estos compañeros y compañeras que tan amablemente me acogieron, y con sus formas de ser mi estancia enriquecieron.

Fueron esclarecedoras y fundamentales para tomar el impulso en esta última etapa las conversaciones que mantuve con Erik Stengler, que tan atentamente me ayudó con sus ideas, recomendaciones y correcciones.

Y para finalizar lo que se empezó, un agradecimiento muy especial a la persona de Inés, mi tutora, que aún disponiendo de tan poco tiempo por los avatares del Universo, lo ha encontrado,...

... y como consecuencia de (al menos)
la interacción entre todo lo anterior,
ha salido esto que sigue a continuación:

La Laguna Julio de 2004

Resumen

Este proyecto se enmarca en el campo de la divulgación científica (entendida como enseñanza complementaria a los contenidos oficiales en educación Primaria y Secundaria), concretamente de la difusión de conocimientos astronómicos para público infantil. Basado en la extensa experiencia divulgativa que a lo largo de tres años ha adquirido el doctorando con más de cinco mil escolares, el trabajo investiga las estrategias y recursos didácticos en la divulgación de la Física Solar para niños de 5º y 6º de Enseñanza Primaria y 1º de Enseñanza Secundaria Obligatoria. Este rango de edades (entre diez y doce años aproximadamente) corresponde a la etapa de tránsito del pensamiento concreto al pensamiento formal y abstracto, y al comienzo de la realización de operaciones formales y formulación de hipótesis, lo que permite transmitir los conocimientos con una moderada profundidad física, más allá de la mera descripción cualitativa.

El trabajo delimita el contenido, completitud y complejidad de la información ofrecida a partir de una detallada "labor de campo", realizada en colaboración con los centros de enseñanza, que consistió en recoger las manifestaciones de los propios niños acerca de sus conocimientos previos, preguntas, dudas, curiosidades y expectativas sobre el tema en cuestión, mediante unas fichas realizadas ad hoc y cumplimentadas por los alumnos. La amplia lista de preguntas recopilada ha sido reelaborada agrupándolas en tres bloques temáticos con cuatro cuestiones cada uno, de acuerdo a su contenido físico implícito. De éstas, a su vez, se han seleccionado para este proyecto las seis de mayor frecuencia de aparición que suponen más del 90% de las preguntas originales de los niños.

El trabajo pretende ir más allá de la elaboración de contenidos divulgativos y persigue como propósito la profundización en los conceptos y recursos imprescindibles para que los escolares lleguen a comprender determinada noción. Así, para cada una de las preguntas seleccionadas, se trata de generalizar el proceso de identificación y estructuración de la información, que debe ser adecuada a la audiencia en contenido y profundidad, presentada de forma atractiva, con profusión de ejemplos y experiencias afines, y siempre rigurosa. Parte de los contenidos explicados no están presentes en los currículos oficiales que se ven complementados por esta actividad divulgativa y proporcionan, a su vez, temas y recursos ya conocidos por los alumnos. Rastreando en las respuestas a esta selección de cuestiones se reconocen conocimientos esenciales y etapas comunes a la realización de actividades de divulgación astronómica que se compendian y presentan como conclusión del trabajo.

En un futuro próximo el alumno pretende culminar el trabajo aplicando sus conclusiones a la confección de una *página web interactiva* que compile las preguntas de los niños y les permita navegar por las respuestas, en una primera aproximación a la Física Solar, utilizando todos los medios audiovisuales a nuestro alcance (imágenes, animaciones, sonido, etc). Una interesante continuación natural de este trabajo puede ser la elaboración de una *unidad didáctica* para niños de las edades estudiadas, inspirada en las actividades aquí presentadas, que haga uso de los recursos sistematizados en esta memoria.

Índice:

1.	Introducción	11
2.	Trabajo de campo y metodología empleada	17
	2.1 Crónica de las experiencias didácticas.....	17
	2.2 Actividad Didáctica: “Aprendiendo sobre nuestra estrella amiga, El Sol”.....	18
	2.2.1 Objetivos.....	19
	2.2.2 Contenidos conceptuales.....	20
	2.2.3 Descripción, reflexiones y temporalización de la actividad didáctica.....	20
	2.2.4. Medios materiales utilizados.....	23
	2.3 Datos observacionales recogidos.....	24
	2.4 Programa Educativo “Astronomía Didáctica hasta tu aula con el Planetario Itinerante”.....	32
3.	Estrategias y recursos didácticos a prueba: resultados, análisis y discusión	33
	3.1 ¿Dónde está el Sol?.....	35
	3.2 ¿Qué propiedades tiene la estrella Sol?.....	43
	3.3 ¿De qué está hecho?, ¿en qué estado está su materia?, ¿cómo es por dentro?.....	48
	3.4 ¿Por qué brilla el Sol?.....	53
	3.5 - ¿Cómo nació y evolucionará el Sol?.....	56
	3.6. - ¿Qué detalles podemos observar en la superficie solar?.....	68
4.	Conclusiones y proyectos futuros	61
5.	Bibliografía	67
6.	Anexos	69
	<u>1: “Cuadernillo de Observación”, de la actividad didáctica</u> <u>Aprendiendo sobre nuestra estrella amiga, el Sol</u>	71
	<u>2: “Ficha de Astronomía en Primaria” del programa educativo</u> <u>Astronomía Didáctica hasta tu aula con el Planetario Móvil</u>	73
	<u>3: “Ficha de Astronomía en secundaria” del programa educativo Astronomía</u> <u>Didáctica hasta tu aula con el Planetario Móvil</u>	75

1

Introducción

Entendemos por divulgación al proceso de adaptar unos contenidos especializados que, al transmitirlos a un público no especialista, resulten comprensibles en su lenguaje.

Se ha debatido mucho de la necesidad de difundir el conocimiento científico en la sociedad, a lo que el propio Albert Einstein escribió en 1950, según cita del Puerto (1999):

No basta con que los resultados de las investigaciones sean conocidos, elaborados y aplicados por unos cuantos especialistas. Si los conocimientos científicos se limitan a un pequeño grupo de hombres, se debilita la mentalidad filosófica de un pueblo, que camina así hacia su empobrecimiento espiritual.

Nosotros entendemos que divulgar ciencia, efectivamente es una necesidad porque la Ciencia es parte esencial de la cultura y porque vivimos en una sociedad tecnológica, como expresó Stephen W. Hawking en su discurso de recepción del Premio Príncipe de Asturias de la Concordia 1989 (recogido en del Puerto, 1999):

En una sociedad democrática, los ciudadanos necesitan unos conocimientos básicos de las cuestiones científicas, de modo que puedan tomar decisiones informadas y no depender únicamente de los expertos.

Consideramos que la labor de divulgación es una responsabilidad irrenunciable de los científicos y sus instituciones, ya que la Ciencia debe un retorno a la sociedad que la sostiene y financia, y no sólo en forma de aplicaciones tecnológicas sino, lo que es más importante, como contribución a su imprescindible cultura científica. Para realizar las tareas divulgativas, consistentes en adaptar y hacer comprensibles los contenidos científicos, y transmitirlos a una audiencia no especializada, es preciso conocer la Ciencia en profundidad y, además, haber desarrollado determinadas destrezas comunicativas que permitan realizar esta transcripción con éxito.

La Astronomía y la Astrofísica se encuentran entre los temas que más interés despiertan en el público en general, hecho confirmado por ejemplo con la creciente repercusión que está teniendo en prensa en los últimos años (del Puerto 1999). Entre los más interesados se halla, cómo no, el público infantil. Para los niños aprender Astronomía supone satisfacer muchas de sus

curiosidades y divertirse; además, esta materia se considera fundamental para su formación, por lo que está incluida en los currículos educativos (BOC 1993 y 2002). Aunque forma parte de la enseñanza reglada en Primaria y Secundaria, debido a los escasos recursos de este género existentes en los centros educativos, y a la falta de preparación adecuada del profesorado, los contenidos se imparten someramente y de forma descriptiva. En este sentido, la parte experimental de este trabajo divulgativo ha operado como enseñanza complementaria en la que niños y profesores han podido desarrollar contenidos de procedimiento basados en el “saber hacer”, tan imprescindibles como los conceptuales y normalmente irrealizables en el aula.

En lo que respecta a la tarea del científico como divulgador, la interacción con los niños proporciona puntos de vista de la realidad muy peculiares que enriquecen la formación del investigador. En efecto, la labor de traducir los conocimientos científicos “al lenguaje de los niños” requiere que el divulgador no dé por supuesto ningún concepto, que de otro modo, hubiera pasado por alto y no habría reparado en su significado más profundo. Así, las labores divulgativas llevan consigo un proceso de profundización en la epistemología, con todos los beneficios que ello proporciona. Por lo tanto, (la labor divulgativa) es un indicador además, del nivel de formación del investigador que debe ser adecuadamente valorado en el currículum vitae del científico.

Por otro lado, en vista de la importancia que tienen las labores divulgativas, debería tenderse a la profesionalización o, al menos, a que la divulgación se ejerza habiendo recibido alguna formación especializada. Constatamos (y lamentamos) que estas se realizan frecuentemente de una forma vocacional y poco profesionalizada, y que estamos aún lejos de una adecuada sistematización de su contenido, enfoque, procedimiento y recursos. Este trabajo pretende abordar, al menos parcialmente, varios aspectos de este irrenunciable desafío para la Astrofísica moderna. Marín (1997) pone de manifiesto estas ideas a través de lo que denomina “didáctica intuitiva” y “didáctica fundamentada”. Entiende por “**didáctica intuitiva**” las posibilidades y limitaciones de actuación para realizar un plan de actividades sin otras orientaciones didácticas que las basadas en las ideas previas docentes o concepciones docentes espontáneas. Según Marín, algunas de las limitaciones de que adolece la didáctica intuitiva son:

- Las actividades que se desarrollan son un compendio desligado entre sí de cuestiones o experimentos (los resultados de una actividad no se utilizan para hacer la siguiente). Se aprecia que no se han utilizado criterios iniciales para planificar el plan de actividades.
- Las actividades se formulan más como una declaración de intenciones que como propuestas concretas de acciones a realizar con materiales concretos.
- Actividades donde hay que observar, asociar, clasificar, seriar, medir, ordenar datos, realizar inferencias, formular hipótesis, etc., son raramente utilizadas.
- No se evalúa la factibilidad de las actividades teniendo en cuenta las limitaciones espacios-temporales que supone desarrollarlas en el aula.

Estas limitaciones sugieren la necesidad de elaborar una **didáctica fundamentada** que supere la vaguedad, dispersión y falta de consenso de los criterios que conlleva la didáctica intuitiva. Pero no existe en la actualidad una didáctica fundamentada que esté totalmente consensuada, estamos ante una disciplina en fase constituyente. Quizá habría que plantearla como una cuestión de grados entre la didáctica intuitiva y las propuestas didácticas más consensuadas. Podemos dar, por tanto, unas orientaciones que configuren una didáctica fundamentada con indudables ventajas sobre la intuitiva:

- Iniciar la enseñanza de un contenido de Ciencias tomando como punto de partida las nociones previas que sobre éste tiene el alumno. El fundamento de esta medida está en la visión constructivista sobre la formación del conocimiento.
- Utilizar los procedimientos propios de la actividad científica para el diseño de actividades a realizar por el alumno. El fundamento, que no es el único, de esta nueva medida reside en la aceptación de que las aportaciones beneficiosas apreciadas en el progreso de las Ciencias pueden serlas también para el alumno trabajando como científico.
- Hacer que, cuando sea posible, el alumno trate de descubrir por sí mismo parcelas del contenido a enseñar. Un fundamento se puede encontrar en la necesidad de activar el juego de la asimilación y la acomodación si se desea incorporar el nuevo conocimiento a un esquema de conocimiento del alumno.

Por todo lo expuesto anteriormente estamos convencidos de que el programa de doctorado “Física del Cosmos” impartido por el Departamento de Astrofísica de la Universidad de La Laguna y el Instituto de Astrofísica de Canarias puede verse enriquecido con trabajos de investigación sobre recursos divulgativos. Nuestro proyecto surge del deseo de contribuir en la medida de nuestras posibilidades a la elaboración de la didáctica fundamentada que mencionábamos arriba. Para ello nos planteamos las siguientes cuestiones generales:

1. ¿qué tema tratar?
2. ¿a qué sector del público dirigirnos?
3. ¿con qué grado de completitud y complejidad hemos de ofrecer la información?
4. ¿qué estrategias y recursos didácticos son los más adecuados?

cuya búsqueda de respuestas constituye precisamente el desarrollo de este trabajo.

La formación académica del doctorando y el programa de doctorado en el que este D.E.A. se enmarca orientaron la respuesta a la primera pregunta, evidentemente, a **tópicos astrofísicos** en general. Por otra parte, la formación de la directora y las preferencias y circunstancias personales y profesionales del alumno (que se mencionarán en el Capítulo 2) condujeron a concretar el tema en la **Física Solar**. Se trata de una poderosa rama de la Astrofísica con una larga tradición a la que se dedica un buen número de investigadores y profesores del Instituto de Astrofísica de Canarias y el Departamento de Astrofísica de la Universidad de La Laguna. Su materia de estudio es el Sol, un objeto astronómicamente apasionante que representa un “laboratorio” cercano en el que probar la validez de nuestras ideas sobre las otras estrellas, ya que es la única que puede ser estudiada en detalle, y que constituye nuestro enlace local con el resto del Universo. Por otra parte, el hecho de ser “nuestra estrella de casa” dota al Sol de un interés adicional para el público, por su cercanía y familiaridad, por ser la fuente última de la vida en la Tierra, y por su innegable influencia en nuestra existencia.

Ya en el desarrollo de esta introducción se ha ido apuntando que la divulgación a que nos referimos se orienta a complementar la enseñanza reglada en edad infantil; el sector de público a que se dirige es, por tanto, el de **los niños**. A partir de la dilatada experiencia del doctorando con niños de diversas edades hemos querido seleccionar una muestra de potenciales receptores tales que sea posible transmitirles conocimientos de Física Solar con una moderada profundidad, más allá de la mera descripción cualitativa. Para ello nos hemos basado en los trabajos clásicos sobre la evolución de la inteligencia y las capacidades de razonamiento y abstracción en la infancia de Jean Piaget (ver, e.g., Piaget 1973 y 1977). Según este autor, tras una *etapa sensorio-motora* (de los cero a los dos años) y una *etapa llamada pre-operacional* (de los dos a los siete), los niños entran en una *fase de operaciones concretas* entre los siete y los once años, aproximadamente, a la que sigue, entre los once y los quince, la *etapa* de realización de

operaciones formales y formulación de hipótesis, con el comienzo del *desarrollo del pensamiento abstracto*. Nos interesa dirigirnos a niños que se encuentren, al menos, en tránsito hacia la abstracción, para poder explicarles conceptos con mayor profundidad y que el trabajo de búsqueda de contenidos y recursos comunicativos sea también formativo para el doctorando. Por eso el rango de edades de los niños que son protagonistas de esta experiencia divulgativa se ha situado **entre los diez y los trece años aproximadamente**.

Estas edades corresponden a los dos últimos cursos (5° y 6°) de Enseñanza Primaria y el primero de Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO). Esta elección se justifica también en función de la enseñanza oficial que reciben. Según el B.O.C. (1993) el modelo organizativo de los contenidos que mejor se adecua a las posibilidades y necesidades del educando en la Educación Primaria se articula a partir de dos estrategias básicas: **el desarrollo en espiral** y la **globalización**. La característica más relevante de la primera es que los aprendizajes no se presentan ni se agotan de una sola vez, sino que se van ofreciendo gradualmente según se insista de modo sistemático a lo largo de toda la etapa, enriqueciéndose progresivamente en amplitud, profundidad y matizaciones. La segunda estrategia versará sobre las relaciones a establecer entre los distintos aprendizajes para que resulten más significativos.

De nuevo en el B.O.C. (2002) encontramos que el cambio más significativo de la Educación Primaria a la ESO es la definición por cursos del currículo, así como una mayor concreción de los contenidos. Mientras que en Primaria las disciplinas científicas están integradas con otros ámbitos en una sola área denominada “Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural”, en la que se abordan contenidos de todas ellas, en ESO dichas disciplinas se organizan como área independiente, “Ciencias de la Naturaleza”, lo que corresponde a un planteamiento más diferenciado, apropiado para escolares entre doce y dieciséis años, capaces de comprender conceptos y razonamientos de carácter más formal y abstracto.

Nos pareció pues interesante seleccionar alumnos de Primaria que han recibido los contenidos de acuerdo al modelo organizativo de estos en desarrollo espiral, para así experimentar la transmisión de unos mismos conceptos con grados crecientes de profundización, y completar la muestra con niños un año mayores en cuyo currículo aparecen ya temas astronómicos lo que, unido a su incipiente capacidad de abstracción, permite ampliar y detallar la información, cada vez con mayor formalización y fundamento físico.

La tercera cuestión entraña la mayor dificultad a la hora de transmitir conocimientos científicos a niños. Pero, al mismo tiempo, esta pregunta puede contener la respuesta en sí misma: hemos decidido dejar que sean los propios interlocutores quienes interroguen y responder a sus preguntas hasta donde éstas alcancen¹. Por eso el contenido en sí de la divulgación y el grado de completitud y complejidad con que ha de ofrecerse se han delimitado en este trabajo a partir de una detallada “labor de campo” realizada en colaboración con los centros de enseñanza. Recogimos las manifestaciones de los propios niños acerca de sus conocimientos previos, preguntas, dudas, curiosidades y expectativas sobre el tema en cuestión, a partir de unas fichas realizadas *ad hoc* que cumplimentaron ellos mismos. La amplia lista de preguntas recopilada fue reelaborada de acuerdo a su contenido físico implícito, agrupándolas en doce cuestiones correspondientes a tres bloques temáticos: i) sobre la naturaleza del Sol y su situación en el Universo y en el Sistema Solar, ii) sobre el Sol como estrella, iii) sobre el Sol como la única estrella que podemos estudiar en detalle y su conexión con la Tierra. Para la elaboración de esta memoria se han seleccionado las **seis cuestiones** de mayor frecuencia de aparición, que

¹ Esta táctica es similar a cuando los padres deben hablar a sus hijos de sexo: parece preferible esperar que sean ellos mismos quienes pregunten y llegar con las respuestas hasta donde ellos necesiten saber.

representan más del 90% de las preguntas originales de los niños, y cuya respuesta, además, ofrece una panorámica global sobre el tema en cuestión. En el Capítulo 2 de esta memoria se describe este trabajo de campo y se detalla la metodología aplicada.

Para cada una de las seis preguntas seleccionadas hemos tratado de generalizar el proceso de identificación de conceptos a presentar, estructuración de la información, comparación de contenidos necesarios con contenidos impartidos en la enseñanza reglada y utilización de recursos didácticos. Los resultados de este trabajo de investigación se exponen en el Capítulo 3, correspondiente a la cuarta de las cuestiones generales a las que responde este proyecto.

Como conclusiones del trabajo, el Capítulo 4 presenta:

- El esquema explicativo de cada una de las preguntas seleccionadas.
- Los recursos y estrategias comunicativas más eficaces para llevar a cabo tareas de divulgación científica en general, astronómica y de Física Solar en particular.
- Cuadro Didáctico de la Física Solar: resume el conjunto de conceptos que llamamos “irreducibles” y otros contenidos más elaborados que llamamos “derivados”, ilustrados por los ejemplos más adecuados para su comprensión, junto con las leyes y principios físicos que los explican. A través de las interconexiones apropiadas, esta tabla contiene las respuestas didácticas a las preguntas de los niños.

Finalmente, se exponen algunas perspectivas futuras que serían la continuación natural de este trabajo.

2

Trabajo de campo y metodología empleada

2.1 Crónica de las experiencias didácticas.

Desde la fecha de la creación del Observatorio Astronómico “Arturo Duperier²” hasta julio de 2003 el Instituto de Astrofísica de Canarias ha estado becando a licenciados en Astrofísica para desarrollar una labor de divulgación astronómica en este observatorio. Casi desde el principio y bajo iniciativa de los primeros becarios se ofreció a los profesores de los centros educativos de Lanzarote la posibilidad de llevar a sus alumnos a realizar observaciones astronómicas que estos becarios dirigían y complementaban con explicaciones y diverso material gráfico. Una de estas actividades consistía en observar el Sol con un telescopio refractor provisto de un filtro H α y unos prismáticos gigantes con filtros grises.

Como licenciado en Astrofísica, opté a esta beca y disfruté de ella desde noviembre de 1997 hasta julio de 2003. En el periodo comprendido entre octubre de 2001 y marzo de 2003, sistematicé estas visitas y observaciones astronómicas a través de la oferta educativa que denominé “*Aprendiendo sobre nuestra estrella amiga, El SOL*”. El desarrollo de la actividad siguió básicamente el guión de un *cuaderno* (que llamo *cuadernillo de observación*³) en el que los alumnos se expresaron a través de comentarios, preguntas y dibujos.

² El Observatorio Astronómico “Arturo Duperier” fue creado en mayo de 1997 por el Centro Científico-cultural Blas Cabrera del Cabildo de Lanzarote, con la colaboración del Ayuntamiento de Arrecife, que cedió el Castillo de San Gabriel para la realización de actividades astronómicas. En la azotea del castillo se montaba cada día un conjunto de telescopios portátiles provistos de filtros solares y se llevaban a cabo tanto observaciones diurnas como nocturnas. En el mayor salón del castillo se realizaban proyecciones de vídeos astronómicos con charlas y en ocasiones se impartieron cursos sobre Astronomía.

³ Este cuadernillo lo diseñé en octubre de 2001 con el objetivo de dinamizar la actividad y recopilar información para el desarrollo de este trabajo de investigación. A lo largo del periodo en que se desarrolló la actividad la “puesta en escena” exigió adaptaciones con las que el cuadernillo sufrió algunas ligeras modificaciones (ver la última versión en el Anexo 1).

Desde octubre de 2003 soy profesional autónomo y promotor de la iniciativa empresarial **ASTRODIDÁCTICO, *Astronomía Educativa Itinerante***⁴. Desde diciembre de 2003 hasta mayo 2004 he desarrollado el programa educativo “*Astronomía Didáctica hasta tu aula con el Planetario Itinerante*”, en el que han participado diez centros de Educación Infantil y Primaria del municipio de Arrecife y trece centros de Enseñanza Secundaria Obligatoria de Lanzarote. El programa ha sido itinerante, con el principal objetivo de facilitar la difusión de la Astronomía llevándola hasta cada centro a través de charlas, sesiones de planetario, observaciones del Sol y realización de una *ficha de Astronomía*⁵.

Durante el periodo en que se desarrolló la oferta educativa “*Aprendiendo sobre nuestra estrella amiga, El SOL*” respondieron **40 centros educativos** de Lanzarote y Fuerteventura. La realidad particular de cada grupo creó la necesidad de adaptar la actividad al público presente en cada ocasión. Grupos de distintas edades (desde 3 hasta 17 años), de distinto número de alumnos (desde 5 hasta 27), sesiones de distinta duración (de 1h. o de 2 h.), lugares diferentes de observación⁶, diversas condiciones meteorológicas, etc., fueron la causa principal de las diferentes directrices que condujeron cada sesión. También otros rasgos del *carácter de grupo* influyeron notoriamente en que la actividad derivara a unos u otros temas y se desarrollara de una u otra forma: así influyeron, por ejemplo, el grado de curiosidad o apatía del alumnado, sus conocimientos previos, si había habido o no preparación y motivación previa por parte de profesores hacia alumnos, la habilidad con que el instructor se desenvolvió cada día, etc. Como consecuencia la actividad didáctica se fue formando a sí misma y sufriendo modificaciones siempre con propósito de resultar cada día más amena, divertida, interesante y motivadora para el mayor número de alumnos y profesores.

Siendo el eje principal de la actividad la observación a través de instrumentos astronómicos, sin embargo en cada caso los contenidos desarrollados han estado en función, por ejemplo, de la actividad solar y de la frecuencia con que nos visitaron los centros. Cuando durante una semana recibíamos a varios grupos era muy adecuado comparar los dibujos realizados por cada grupo de la fotosfera y cromosfera solares con los de grupos anteriores. De forma natural los alumnos preguntaban por qué había cambiado el Sol durante esos días y era una ocasión idónea para hablar de la rotación solar e incluso de dinamismo y ciclos de actividad, pues alguna mancha podía haber cambiado de tamaño o incluso haber aparecido o desaparecido. La conclusión que he podido extraer de estos casos es que cuando los alumnos pueden constatar o experimentar algo aprenden y asimilan mucho mejor los contenidos teóricos relacionados.

2.2 Actividad Didáctica: “*Aprendiendo sobre nuestra estrella amiga, El Sol*”.

Entendemos por *actividad didáctica* aquella que resulta *adecuada para la enseñanza*. En nuestra opinión, *adecuada* es toda actividad que suscita en la audiencia interés por los contenidos que se desean desarrollar, motivándoles de forma que pasen de espectadores pasivos a alumnos participativos.

⁴ Iniciativa empresarial catalogada como I+E por el Servicio Canario de Empleo según resolución N° 03-35/3563 con fecha 05/11/2003, siendo el Cabildo de Lanzarote la Institución que respalda la empresa.

⁵ Ver Anexo 2 para la ficha de Primaria y Anexo 3 la de Secundaria.

⁶ Desde enero de 2002 permanece cerrado por obras de restauración el castillo de San Gabriel. Desde entonces las actividades se desarrollan en el castillo de Santa Bárbara y en la Casa de los Arroyo.

Con esta idea siempre presente, la principal cuestión que surge durante el desarrollo de las sesiones (y que es objeto de continua reflexión y adaptación) no es tanto **qué se enseña** sino, sobre todo, **cómo se enseña**.

Concebimos que una metodología apropiada para este fin fuera *escuchar* a los alumnos, *sondear* su grado de interés dejando que sean ellos quienes *expresen* su deseo de conocimiento y *dicten* qué desean saber de un tema. En otras palabras, *llegar hasta donde los niños quieran saber* (Rodríguez Hidalgo 1999)

El título de la actividad didáctica describe lo que esta representa, que alumnos, profesores y experto, interaccionando, vamos a aprender sobre un astro único y muy familiar para nosotros, que tiene nombre propio. Aprendiendo expresa acción, continuidad; esta primera palabra ya marca la forma del aprendizaje: activo. Sobre indica que abordaremos una parte de la información, aunque sin especificar cuál ya que, en principio, no es esto lo más importante, y se deja abierta la posibilidad de impartir unos u otros contenidos en función de cómo se vaya desarrollando la actividad. Nuestra representa la cercanía del Sol (tanto física como afectivamente, el Sol es *nuestro*, en algún lugar de nuestro subconsciente). Estrella amiga, indica, por un lado, de nuevo esa cercanía afectiva y, por otro, proporciona una información física fundamental: que el Sol es una estrella. Por último, EL SOL, precedido de la coma, indica que todo lo anterior es parte de eso que denominamos Sol, y es único para nosotros.

A continuación se detallarán las actividades divulgativas llevadas a cabo presentando su programación, objetivos, conceptos incluidos, descripción, reflexiones y temporalización, y medios materiales utilizados.

Las actividades se desarrollaron *aproximadamente* de acuerdo a la siguiente **programación**:

Horario: de 11h a 13h cada grupo

Número de alumnos: un grupo del mismo nivel⁷, con un número de alumnos normalmente inferior a 25, acompañados siempre por uno o varios profesores.

Edades: grupos del mismo nivel con edades comprendidas entre 3 y 17 años.

Periodo: desde octubre 2001 a marzo 2003

Lugar de realización e Itinerario de las visitas:

-De octubre de 2001 a enero de 2002, *castillo San Gabriel, Arrecife*. Breve visita al Museo de Arqueología del Ayuntamiento de Arrecife. La actividad astronómica se desarrollaba en la azotea del castillo y en determinadas ocasiones se proyectó el vídeo astronómico "El Sol" de la colección *Enciclopedia Galáctica*.

-De febrero a mayo de 2002, *castillo de Santa Bárbara, Tegui*. Breve visita al "Museo del Emigrante Canario". La actividad astronómica se desarrollaba en la azotea del castillo.

-Desde junio de 2002 a marzo de 2003, *Casa de los Arroyo, Arrecife*. Breve recorrido por la casa. La actividad astronómica se desarrollaba en la sala de conferencias y el patio.

2.2.1. Objetivos

a) Objetivos Generales

- Motivar al alumnado por el conocimiento astronómico en general, y por la Física Solar en particular.

⁷ Esto fue siempre así salvo en las escuelas unitarias donde en una misma clase hay alumnos de distintas edades. Ver tabla 1.

- Ofrecer al profesorado medios y recursos con los que completar y ampliar los contenidos relacionados del programa curricular.
- Acumular información y experiencias de primera mano para la elaboración de este proyecto de investigación.

b) **Objetivos Específicos**

- Que los alumnos y profesores se conciencien de la importancia de la observación solar *controlada*, mediante la visualización de filtros especializados y su disposición en los instrumentos telescópicos.
- Reflexionar con los alumnos sobre la interacción Tierra-Sol y su importancia en la vida.
- Despertar en los niños la inquietud y curiosidad científicas mediante las observaciones solares.
- Enseñar al alumnado una panorámica general del conocimiento de la Física Solar.
- Que los alumnos perciban al Sol en particular (y al Universo en general) como entidades dinámicas y no estáticas.

2.2.2. **Contenidos Conceptuales**

Estos contenidos han variado en función de los grupos, pero en líneas generales han seguido el siguiente esquema:

- Luz, color y temperatura.
- Atmósfera Solar:
 - Fotosfera: rasgos observados, detalles y contenido físico.
 - Cromosfera: rasgos observados, detalles y contenido físico.
 - Corona: detalles y contenido físico.
- Viento Solar, desprendimiento de masa coronal e interacción Sol-Tierra.
- Interior solar: descripción general y contenido físico.
- Actividad solar (en grupos concretos): teoría dinamo.

2.2.3. **Descripción, reflexiones y temporalización de la actividad didáctica**

El guión se desarrolló siguiendo las actividades que propone el cuadernillo de observación. Después de doblarlo a la mitad, el cuadernillo de observación presenta la estructura de un folleto con cuatro páginas⁸. Como puede verse, la actividad se divide en 3 bloques:

- I. Preámbulo. La primera página del cuadernillo (de la cuestión 1 a la 5) es una reflexión individual que cada cual desarrolla al comienzo de la sesión didáctica.
- II. Observación solar y desarrollo de los contenidos. La página central (del punto 6 al 12) es el eje de la actividad, que los alumnos van rellenando al ir realizando cada una de las tres modalidades de observación solar de que consta esta sesión, más la observación del reloj de Sol Analemático⁹. A continuación, después de realizar una puesta en común

⁸ Ver Anexo 1.

⁹ Reloj de Sol Exacto de Gnomon Analemático Orientable, obra de Juan Vicente Pérez Ortiz, presidente del Círculo Astronómico del Mediterráneo. (Pérez Ortiz 1997).

de sus percepciones, se dan las explicaciones físicas de los rasgos observados y una visión global del Sol deteniéndonos en la Física más relevante.

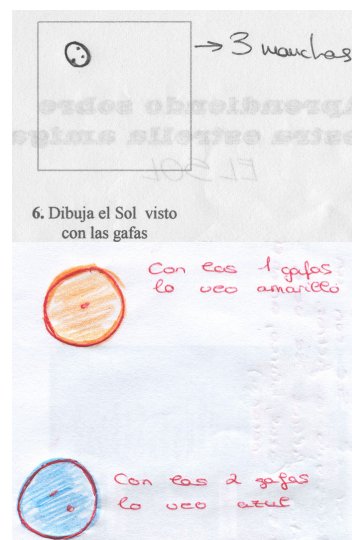
- III. Síntesis y evaluación final. Corresponde a las preguntas 13, 14 y 15 en las que los alumnos expresan sus opiniones y elaboran el mapa mudo del Sol.

Durante la fase de observación solar, el mensaje principal que transmito a todos en conjunto, y a ser posible a cada uno en particular, es que deben “fijarse en los detalles que observen y realizar el dibujo de lo que cada cual haya observado”. En principio prefiero inhibirme para no afectar con mis palabras sus observaciones diciéndoles *lo que tienen que ver*. Sin embargo, después del primer vistazo, expresiones muy normales en alumnos de Secundaria han sido “no veo nada”, “¿eso es lo que se ve?”, “una bola amarilla, nada más”, aun siendo un día de “grandes” manchas en el Sol y perfectamente visibles. Cabe preguntarse *¿qué es lo que los niños esperan (o quieren) ver?...* Por el contrario en Primaria (y cuanto más pequeños mejor) ha sido muy satisfactorio escuchar sus expresiones de emoción y complacencia con lo que estaban viendo.

He tenido, por tanto, que intervenir en Secundaria dando información de cómo es *lo que tendrían que ver*. Para esto les pido que cuenten el número de manchas que observan y que se fijen en la posición del mayor número de ellas. La visualización de las fáculas no siempre es clara y evidente, así que insistí en ellas sólo cuando eran fácilmente observables. Habitualmente pudimos observar protuberancias aunque a veces fuesen *pequeñas*, y con muchos impedimentos por parte de los alumnos. Muy pocos alumnos han visto las protuberancias por sí solos sin saber previamente lo que debían observar. Lo normal fue que les indicara donde se encontraban y, con ayuda de imágenes, les mostrara la forma de alguna. Las sensaciones que experimenté al enseñarles a visualizar las protuberancias dependieron notablemente de la actitud de los grupos: algunos me hicieron sentir que realmente no enseñaba nada interesante, mientras que la experiencia con otros me produjo un estado de gran satisfacción personal.

Esto me conduce a pensar que si mi actuación no difiere en lo básico entre los grupos, entonces deben ser la motivación y el interés del alumnado los que influyen fuertemente en el transcurso de las actividades. Efectivamente, la práctica en años posteriores¹⁰ me ha confirmado que la falta de esas dos actitudes es uno de los grandes problemas que existe actualmente en las aulas. Además los alumnos están muy poco acostumbrados a esforzarse y, por tanto, si se pretende que la experiencia sea significativa es totalmente necesario “estar encima de ellos”, pendiente de lo que hacen. Siguiendo con esta actitud insistente me he convencido de que los niños pueden observar perfectamente las protuberancias que son, sin duda, el rasgo observable en el Sol que mayor expectación crea. Pero primero han de aprender a observar.

Por otro lado, las experiencias me han demostrado que la mayoría de los alumnos a partir de determinadas edades esperan ver en el Sol algo parecido “al fuego”, y que si no es así se



Dibujos del Sol realizados por alumnos del IES Salinas e IES Arrecife. Para la observación usaron gafas especiales para ver los eclipses, sin ningún aumento.

¹⁰ Oferta educativa 2003/04 “Astronomía Didáctica con el Planetario Móvil” promovida por ASTRODIDÁCTICO, Astronomía Educativa Itinerante.

sienten decepcionados. Como se verá más adelante, es ésta una idea muy difundida entre los niños (y no tan niños). El rasgo observable en el Sol que más se asemeja en la forma al fuego es sin duda las protuberancias, incluso a veces mal denominadas “llamaradas” en medios de comunicación. Éste puede ser, además, un motivo por el que impresionan tanto a los niños cuando las ven a través del telescopio.

En experiencias didácticas posteriores alumnos de secundaria que sólo han observado la fotosfera solar me han preguntado, con tono de decepción, si “eso es el Sol”, sin mostrar demasiado interés por las manchas y, desde luego, pasando desapercibido para ellos el resto de detalles observables. Después de dar valores de magnitudes físicas y describir fenómenos físicos que ocurren en el Sol es cuando los niños realmente se estimulan. Se puede concluir, pues, que **para despertar interés y motivación por la Física Solar es conveniente tener algunos conocimientos previos sobre el Sol.**

Después de que todos han observado realizamos una puesta en común pidiendo un voluntario que realice en una pequeña pizarra un dibujo de su observación. Entre todos lo completamos, discutiendo sobre el número de manchas, posición y tamaño relativo de las más relevantes. El dibujo consensuado lo comparamos si hay, con el de otro día, y si no, con la imagen un póster solar. Es la ocasión de dar información sobre la rotación solar y la evolución de las manchas, rompiendo así con una idea muy arraigada en los niños: “en el Sol no ocurre nada, y siempre está igual”, como se justifica más abajo.



Puesta en común de los detalles observados en el Sol, en la azotea del castillo S. Gabriel de Arrecife.

Al final de esta puesta en común extraemos varias conclusiones: hemos trabajado con los rasgos observables del Sol, familiarizándonos con ellos, hemos hecho un trabajo en equipo, aprendiendo a escuchar y participar para consensuar una opinión acerca de las distintas interpretaciones de un hecho, en este caso la distribución de rasgos en la superficie solar, que depende del grado de detalle alcanzado por el instrumento y de la pericia del observador. Acto seguido siempre hay algún alumno que desea comprobar si el dibujo de la pizarra coincide con la imagen del telescopio, una excelente muestra del espíritu crítico que algunos niños ya poseen. Evidentemente lo permito, cuidando de que no quieran acudir de nuevo todos ya que, aunque sería conveniente que realizaran un segundo dibujo prestando ahora más atención a los detalles, la falta de tiempo nos obliga a cortar para desarrollar otros contenidos. Es fácil creer, y la experiencia así lo muestra, que en observaciones sucesivas los alumnos perciben mayor número de detalles, como por ejemplo las fáculas, el oscurecimiento hacia el borde, los filamentos y detalles en las manchas y las protuberancias.

La actividad requiere ahora introducir el conocimiento teórico que acompaña a la observación. En esta fase deseo exponer los contenidos de forma clara y sencilla, de manera que la información sea verdadera aunque no completa (depende los niveles), entendible (con ejemplos cercanos a ser posible) y haciendo la física sencilla y familiar. Esta fase es la que requiere más atención por parte de los alumnos, y la más difícil de motivar, pues han de permanecer callados

y sentados. Para lograr el mayor interés, mientras les voy contando los contenidos teóricos los observo a fin de averiguar cuán interesante es para ellos lo que les estoy contando. He tenido ocasión de comprobar que el grado de complejidad con que se debe ofrecer la información se refleja en los propios niños, que con sus expresiones indican hasta dónde quieren saber de un tema.

La actividad concluye realizando una síntesis que consiste en rellenar un *mapa mudo* solar, en el que aparecen los detalles y la estructura del Sol, y respondiendo a las preguntas 13, 14 y 15 en las que los alumnos expresan sus opiniones.

La **temporalización** de la actividad queda como sigue:

- 5 minutos de reflexión individual en los que los alumnos rellenan las cuestiones 1 a 5 del *cuadernillo de observación*.

- Observación (1 hora aproximadamente):

- Observación solar mediante gafas para ver eclipses
- Observación solar a través de prismáticos gigantes provistos de filtros grises para ver la fotosfera.
- Observación solar a través de telescopio refractor provisto de filtro $H\alpha$.
- Observación del reloj solar analemático orientable (no en todas las actividades)

Simultáneamente a la observación los alumnos rellenan las cuestiones 6-12 del cuadernillo.

- “Mesa redonda” de la observación solar en la que discutimos “cómo está la fotosfera solar hoy” y algunas de las protuberancias (10 minutos).

- Explicación teórica con material gráfico (15 minutos)

- Tanda de preguntas de los alumnos (10 minutos)

- Reflexión final (10 minutos). Cuestiones 13, 14 y 15 del cuaderno.

- Mapa mudo del Sol (parte final del cuaderno) (10 minutos).

Para finalizar la actividad les pido que me cambien su cuadernillo relleno por una cartulina con unas bonitas fotos a todo color de la fotosfera, cromosfera y corona con un detalle de las manchas y la granulación. Obviamente, todos aceptaban el trato, y sus cuadernillos han constituido mis datos de entrada para poder realizar este proyecto.

2.2.4. Medios materiales utilizados:

- Prismáticos gigantes Vixen 20x125, con montura altacimutal.
- Telescopio refractor Vixen D=102 mm, F=1000 mm, con montura ecuatorial Great Polaris.
- Filtros solares de cristal óptico de apertura total (marca *Thousand Oaks Optical*) de densidad óptica 5.0.
- Filtro $H\alpha$ (*Daystar*) de 0.7 Å de ancho de banda.
- Reloj solar analemático orientable.
- Gafas adecuadas para ver eclipses provistas de láminas mylar o polímeros de densidad óptica 5.0.
- Vídeo astronómico N° 2 “El Sol” de la colección *Enciclopedia Galáctica* (Ediciones Antares 1995).
- Material didáctico gráfico: imágenes de la fotosfera, cromosfera y corona solares.

2.3 Datos observacionales recogidos.

Para el desarrollo de este proyecto hemos analizado la cuestión 5 del *cuadernillo de observación*, que trata sobre la curiosidad y preguntas de nuestro público. Todas las cuestiones y dibujos nos dan información válida pues son manifestaciones del espectro intelectual de la audiencia.

Entre los meses de octubre de 2001 y marzo de 2003 visitaron el Observatorio astronómico “Arturo Duperier” un total de 40 grupos escolares, con los que trabajé siguiendo la sesión didáctica “*Aprendiendo sobre nuestra estrella amiga, el Sol*”. De estos 40 grupos, 25 siguieron íntegramente el guión diseñado y son los que han proporcionado *preguntas que expresan las curiosidades de los alumnos acerca del Sol* (cuestión 5 del cuadernillo de observación). Estas preguntas son nuestros *datos observacionales* de este trabajo. Para el resto de grupos, bien por falta de tiempo, bien por inclemencias meteorológicas, o bien por ser niños de muy corta edad, la actividad se vio reducida o modificada y no disponemos de sus preguntas.

Nuestros datos provienen de los resultados plasmados en los cuadernillos de observación de **475 alumnos** pertenecientes a **25 grupos** de distintos centros educativos de Lanzarote que proporcionaron un total de **620 preguntas**.

La Tabla 1 muestra los datos de cada visita escolar, y en **negrita** se destacan los grupos que han proporcionado datos.

Tabla 1. Visitas escolares recibidas (en **negrita** grupos de los que se extraen datos)

Nº	Fecha	Centro de Enseñanza	alumnos	Nivel / Edad
1	18/10/01	IES Arrecife	23	1º bachillerato
2	31/10/01	CEIP Playa Honda	2 x 22	4º primaria
3	07/11/01	CEIP Playa Honda	2 x 27	4º- 5º primaria
4	08/11/01	IES Salinas	20	4º ESO
5	12/11/01	IES Tegui	5	4º ESO opt. Astronomía
6	21/11/01	IES Zonzamas	24	1º ESO
7	23/11/01	IES Zonzamas	27	1º ESO
8	28/11/01	IES Agustín Espinosa	8	4º ESO opt. Astronomía
9	15/03/02	CEIP Cristóbal García Blairzy (Fuerteventura)	2 x 21	1º ESO
10	11/01/02	CEIP Nieves Toledo	23	6º Primaria
11	23/01/02	CEIP Los Valles	15	3º, 4º, 5º y 6º primaria
12	26/02/02	CPEPS Sta. María de los Volcanes (<i>Las Dominicas</i>)	21	4º ESO
13	04/03/02	IES Tegui	5	4º ESO opt. Astronomía
14	13/03/02	CEIP Guiguan	2 x 18	3º, 4º, 5º y 6º primaria
15	24/04/02	CEIP San Juan	2 x 20	5º,6º primaria
16	26/04/02	CEIP San Juan	2 x 20	5º primaria
17	09/05/02	CEIP San Juan	2 x 20	4º primaria
18	10/05/02	CEIP San Juan	2 x 24	2º, 3º primaria
19	16/05/02	CEIP Santa Rosa (Órzola)	20	3-9 años
20	22/05/02	Colegio San Juan	2 x 18	5 años-1º Primaria
21	27/05/02	Colegio San Juan	17	4 años
22	28/05/02	Colegio San Juan	15	3 años
23	17/10/02	IES Arrecife	14	4º ESO
24	12/11/02	IES Zonzamas	25	1º ESO
25	13/11/02	IES Zonzamas	25	1º ESO
26	19/11/02	IES Zonzamas	25	1º ESO
27	11/12/02	IES Tegui	8	4º E.S.O

28	29/01/03	CEIP Generalísimo	18	5º primaria
29	30/01/03	CEIP Generalísimo	17	6º primaria
30	05/02/03	CEIP Generalísimo	22	6º primaria
31	06/02/03	CEIP Generalísimo	22	5º primaria
32	18/02/03	CEIP Capellanía	18	6º primaria
33	19/02/03	CEIP Capellanía	22	6º primaria
34	20/02/03	CEIP Virgen de los Volcanes	23	6º primaria
35	24/02/03	Colegio Hispano Británico	15	15 años (~ 4º ESO)
36	25/02/03	Colegio Hispano Británico	10	16 años (~ 1º Bachillerato)
37	12/03/03	IES Agustín Espinosa	13	4º ESO
38	25/03/03	CEIP Capellanía	24	6º primaria
39	27/03/03	CEIP Benito Méndez	24	5º primaria
40	27/03/03	CEIP Benito Méndez	19	5º primaria

Analizando las 620 preguntas se comprueba que realmente corresponden a 80 cuestiones diferentes acerca del Sol, que pueden verse en la Tabla 2 y que hemos denominado **preguntas originales** porque permanecen escritas en el lenguaje original de los niños; es lo que llamaríamos, si se tratara de un trabajo clásico de Astrofísica, “*datos crudos*”.

Tabla 2. Preguntas originales.

Nº	¿Qué te gustaría saber del Sol?
1	¿Cómo se originó / formó?/¿Cómo se desarrolló y creció?
2	¿Qué tamaño tiene?, lo grande que es
3	Saberlo todo
4	¿Por qué es tan caluroso? / Si quema mucho
5	<i>Los rayos solares.</i>
6	¿Cómo es el Sol?/¿Qué tiene?
7	¿De qué está formado?
8	Lo que hay dentro/Cómo es por dentro.
9	¿Qué forma tiene?/Si siempre ha sido redondo
10	¿Hay seres vivos?
11	¿A qué distancia está?
12	¿A cuánta temperatura está?
13	Si es amarillo/¿Qué color tiene?/¿De qué color es en verdad?
14	<i>Las manchas solares.</i>
15	<i>Las protuberancias (explosiones), si son permanentes, verlas de cerca</i>
16	¿Cuándo se formó?/¿En qué año se hizo?
17	Sus Partes/Qué tiene en sus capas.
18	¿Por qué da luz?, ¿Por qué es luminoso/brillante?, ¿Cómo brilla?, ¿Cómo puede dar luz?, ¿Cómo alumbrá?
19	¿Cómo se produce el eclipse de Sol (verlo)?
20	¿Cómo es su superficie?
21	Si el Sol es (o está hecho de) un volcán/Si tiene cráteres.
22	Observarlo por el telescopio/¿A cuánta distancia se ve el Sol con un telescopio?
23	Nada.
24	¿Qué es el Sol?
25	¿Por qué tiene fuego?/Si está lleno de fuego
26	¿Qué hace el Sol por la noche? / dónde se sitúa por la noche / Por qué no lo vemos de noche
27	Si algún día podría llenarse de manchas por completo
28	Que alumbré todos los días para ir a la playa
29	¿Qué hay alrededor del Sol?
30	¿Por qué es amarillo?

31	¿Por qué el Sol no se apaga nunca?/¿Cómo tarda tanto tiempo encendido?
32	Si tiene las rayitas por fuera como se dibuja
33	Si pueden salir la Luna y el Sol juntos
34	Si gira alrededor de la Tierra
35	Si es un geóide
36	Si es blando o es duro
37	Si el Sol podría explotar
38	Si el Sol podría enfriarse
39	Si el Sol podría encogerse
40	<i>La Corona.</i>
41	Evolución del Sol./Si el Sol durará siempre o desaparecerá y por qué
42	Cuándo pasa una nave cerca, ¿la quema?
43	Cómo llegan los rayos solares a la Tierra y los otros planetas
44	¿Qué pasaría si el Sol nos alcanzara?
45	¿Qué pasaría si el Sol cambiara de lugar?
46	¿Qué pasaría si dejara de brillar?
47	¿Qué nos pasaría cuando da mucho calor?
48	¿Qué consecuencias tiene en la Tierra?/¿Por qué el Sol hace que las plantas vivan?
49	¿Por qué unos rayos solares calientan más que otros?
50	¿Por qué si un cohete se acerca al el Sol, lo lleva hacia él?
51	¿Por qué se pone el Sol naranja por la tarde?
52	¿Por qué los rayos UV traspasan la atmósfera de la Tierra?
53	¿Por qué es una estrella?
54	¿Por qué es redondo?
55	¿Por qué el Sol quema la piel?/¿Por qué nos ponemos rojas cuando no nos echamos crema?
56	¿Por qué cuando llueve se esconde el Sol?
57	¿Por qué brilla?
58	¿Hay más estrellas que el Sol en el Universo?
59	¿Hay alguna estrella más grande?
60	¿Hay alguna estrella más brillante?
61	¿Hay algún planeta más grande que el Sol?
62	¿Es el Sol más grande que la Tierra?
63	¿Es el Sol estrella o planeta?
64	¿De qué planeta viene?
65	¿De dónde viene el Sol?
66	¿Cuál es la estrella del universo?
67	¿Cómo se sabe?/¿Cómo estudian las partes difíciles?
68	¿Cómo se esconde y sale la Luna?
69	¿Cómo descubrieron los planetas?
70	¿A cuántos Km. está el Sol de la Luna?
71	¿Cuánta energía hay en el Sol?
72	¿Cuál es su radioactividad?
73	Ver toda la energía que tiene para darle luz a la Tierra
74	<i>Si está muy alto</i>
75	Si es malo o bueno para nosotros
76	Por qué nos podemos quedar ciegos
77	¿Cómo se puede mover?
78	¿Cómo puede flotar en el cielo?
79	¿Qué es lo que mantiene encendido al Sol?
80	¿Cuánto estará activo?

En estas preguntas originales encontramos algunas que consideramos no procedentes (aparecen en pequeño) y por tanto serán eliminadas. Otras necesitan ser cambiadas ligeramente para que tengan pleno sentido, pero procurando modificar lo mínimo las palabras de los niños (*aparecen en cursiva*) para mantener su frescura y sentido primeros. Así queda un total de 66 cuestiones.

El resultado se encuentra en la Tabla 3 que hemos denominado **preguntas adaptadas** (lo que equivaldría en un trabajo clásico de Astrofísica a los “*datos reducidos*”). En esta tabla las 66 preguntas aparecen ordenadas por temas con intención de agruparlas posteriormente en grandes bloques temáticos¹⁰ de acuerdo a su contenido físico. Como se detalla más adelante, nos pareció adecuado estructurar esta información en 3 bloques de 4 preguntas cada uno. Las cuestiones que aparecen en *cursiva* corresponden a las *preguntas originales* que fueron modificadas. El resto permanecen intactas, tal como las formularon los niños.

Tabla 3. Preguntas adaptadas.

	Nº	¿Qué te gustaría saber del Sol?
I.1	1	¿Qué es el Sol?
	2	¿Es duro como la Tierra?, ¿Es blando , de gas?
	3	¿Por qué decimos que es una estrella ?
	4	¿Por qué es redondo ?
	5	¿Es el Sol estrella o planeta ?
	6	¿Hay seres vivos ?
	7	¿Hay alguna estrella más grande?
	8	¿Hay alguna estrella más brillante?
	9	¿Es el Sol más grande que la Tierra ?
I.2	10	¿Hay más estrellas que el Sol en el Universo ?
	11	¿De dónde vino el Sol?
	12	¿Cómo puede flotar en el cielo?
	13	¿A qué distancia está?
	14	¿A cuántos Km. está el Sol de la Luna?
	15	¿Cómo llegan los rayos solares a la Tierra y los otros planetas?
	16	¿Por qué si un cohete se acerca al el Sol, lo lleva hacia él?
I.3	17	¿Cómo se produce un eclipse de Sol?
	18	¿Qué hace el Sol por la noche ? / dónde se sitúa por la noche / Por qué no lo vemos de noche
	19	¿Pueden salir la Luna y el Sol juntos?
	20	¿Gira alrededor de la Tierra?
	21	¿Cómo se puede mover ?
I.4	22	¿Qué pasaría si el Sol nos alcanzara?
	23	¿Qué pasaría si el Sol cambiara de lugar ?
	24	¿Qué pasaría si dejara de brillar ?
	25	¿Qué nos pasaría cuando da mucho calor ?
	26	Si es malo o bueno para nosotros
	27	¿Por qué el Sol hace que las plantas vivan?
	28	¿Cuánta energía del Sol (<i>luz y calor</i>) nos llega a la Tierra?
	29	¿Qué tamaño tiene? / lo grande que es
	30	¿Qué son los rayos solares?
	31	¿Cómo es el Sol ?

¹⁰ El tipo de relleno de las celdas es diferente de modo que a primera vista se distinguen las cuestiones que corresponden a cada una de las 12 preguntas y los 3 bloques.

II.1	32	¿Qué forma tiene?/Si siempre ha sido redondo
	33	¿A cuánta temperatura está?
	34	¿Es amarillo ?/¿Qué color tiene?/¿De qué color es en verdad?
	35	¿Cómo es su superficie ?
	36	¿Por qué es amarillo ?
II.2	37	¿De qué está formado ?
	38	Lo que hay dentro / ¿Cómo es por dentro ?
	39	Sus Partes / ¿Qué tiene en sus capas?
	40	Si el Sol es (o está hecho de) un volcán / ¿Tiene cráteres?
	41	¿Tiene fuego?
II.3	42	¿Por qué el Sol no se apaga nunca ?/¿Cómo dura tanto tiempo encendido?
	43	¿Qué es lo que mantiene encendido al Sol?
	44	¿Por qué es tan caluroso ? / ¿ Quema mucho ?
	45	¿Por qué da luz ?/¿Por qué es luminoso/brillante?/¿Cómo brilla? / ¿Cómo puede dar luz?/¿Cómo alumbra?/¿Por qué brilla?
	46	Si el Sol podría enfriarse
II.4	47	¿Cómo se originó / formó ?/¿Cómo se desarrolló y creció?
	48	¿Cuándo se formó ?
	49	¿El Sol podría explotar ?
	50	¿El Sol podría encogerse ?
	51	Evolución del Sol./ ¿El Sol durará siempre o desaparecerá y por qué?
III.1	52	¿Cómo son las manchas solares?
	53	¿Cómo son las protuberancias , son permanentes, cómo se puede verlas de cerca?
	54	Observarlo por el telescopio/¿A cuánta distancia se ve el Sol con un telescopio?
III.2	55	¿Qué hay alrededor del Sol?
	56	Si tiene las rayitas por fuera como se dibuja
	57	¿Cómo es la corona ?
III.3	58	¿Qué consecuencias tiene en la Tierra?
	59	¿Hay rayos solares que calientan más que otros?
	60	Si algún día podría llenarse de manchas por completo
	61	¿Cuánto estará activo?
	62	¿Por qué los rayos UV traspasan la atmósfera de la Tierra?
III.4	63	¿Por qué el Sol quema la piel?/¿Por qué nos ponemos rojas cuando no nos echamos crema?
	64	Cuando pasa una nave cerca, ¿la quema ?
	65	¿Cómo se saben cosas sobre el Sol?
	66	¿Por qué nos podemos quedar ciegos ?

El contenido de las cuestiones de los niños hacen referencia, en general, a temas concretos, como por ejemplo ¿Por qué si un cohete se acerca al el Sol, lo lleva hacia él?, ¿Son permanentes las protuberancias?, ¿Es blando o es duro como la Tierra?, ¿Si algún día podrá llenarse de manchas por completo? etc. Pero también encontramos otras que, sin ser generales, son menos particulares que las anteriores: ¿El Sol durará siempre?, ¿El Sol explotará?, ¿Cómo es la Corona?... Por último, aparecen preguntas más generales como ¿Qué es el Sol?, ¿Evoluciona el Sol?, ¿Por qué es redondo? Esto es una muestra del espectro intelectual de los niños, en el tránsito del pensamiento concreto al pensamiento formal y abstracto, como se indicó en la Introducción.

Al analizar estas preguntas encontramos en su contenido que se repiten temas comunes de Física Solar; parece obvio, por tanto, agruparlas. De la pregunta 1 a la 9 aparecen cuestiones generales sobre el Sol, de la 10 a la 16 hacen referencia a la situación del Sol, de la 17 a la 21 tratan sobre consecuencias en la Tierra de los movimientos aparentes del astro, de la 22 a la 27 versan sobre las relaciones del Sol con la vida, de la 28 a la 36 sobre propiedades físicas de la estrella, de la 37 a la 41 de su composición y estructura interna, de la 42 a la 46 sobre su brillo, de la 47 a la 51 de su formación y evolución, de la 52 a la 54 de características observables en la superficie de la estrella, de la 55 a la 57 sobre las partes externas del Sol, más allá de la fotosfera, de la 58 a la 63 sobre actividad solar y sus consecuencias en la Tierra, y por último de la 64 a la 66 sobre las observaciones y estudio del Sol. Así, las 66 preguntas más concretas fueron sintetizadas en 12 más genéricas (**preguntas agrupadas**) de manera que su contenido proporciona una panorámica de la Física Solar distribuida en 3 grandes bloques:

- Bloque I: **El Sol en el Universo** (de la pregunta 1 a la 27 inclusive) que trata sobre la naturaleza del Sol y su situación en el Universo y en el Sistema Solar. Hace referencia por tanto, a las características generales de una estrella que, por su situación y sus movimientos, repercute en nuestra existencia, tanto desde el punto de vista biológico como social. Algunos contenidos de este bloque son estudiados ya desde 4º y 5º de Primaria, y se va ampliando a medida que avanzan los cursos.
- Bloque II: **El Sol, toda una Estrella** (de la pregunta 28 a la 51 incluidas) que profundiza sobre el Sol como estrella, primeramente desde sus propiedades más importantes, para profundizar después en su estructura interna comprendiendo los procesos que dan origen a su radiación, y estudiando su formación y evolución. Estos contenidos son desarrollados desde los últimos cursos de Educación Primaria pero especialmente en el primer curso de Educación Secundaria Obligatoria.
- Bloque III: **El Sol a través del telescopio** (de la pregunta 52 a la 66) que muestra al Sol como la única estrella que podemos estudiar en detalle y su conexión con la Tierra, refiriéndose primero a los conocimientos que podemos extraer de su observación desde Tierra y el espacio, con el propósito de comprender su *actividad* y ver cómo ésta afecta en la Tierra. En 1º de ESO se desarrollan algunas cuestiones de este bloque, aunque es especialmente expuesto en 4º curso en la optativa de Astronomía que algunos centros imparten.

Tabla 4. Preguntas Agrupadas

Preg. agrup.	12 preguntas agrupadas acerca del SOL	66 Preg. adaptadas
1	I.1. ¿Qué clase de astro es el Sol?	De la 1 a la 9
2	I.2. ¿Dónde está el Sol?	De la 10 a la 16
3	I.3. ¿Cuáles son los movimientos del Sol y qué consecuencias tienen en la Tierra?	De la 17 a la 21
4	I.4. ¿Por qué el Sol es fundamental para la vida en la Tierra?	De la 22 a la 27
5	II.1. ¿Qué propiedades tiene la estrella Sol?	De la 28 a la 36
6	II.2. ¿De qué está hecho el Sol?, ¿en qué estado está su materia?, ¿cómo es por dentro?	De la 37 a la 41
7	II.3. ¿Por qué brilla el Sol?	De la 42 a la 46
8	II.4. ¿Cómo nació y evolucionará el Sol?	De la 47 a la 51
9	III.1. ¿Qué detalles podemos observar en la superficie solar?	De la 52 a la 54
10	III.2. ¿Se termina el Sol en la fotosfera?	De la 55 a la 57
11	III.3. ¿Cambia el Sol?, ¿cómo nos afectan sus cambios?	De la 58 a la 63
12	III.4. ¿Cómo observamos y estudiamos el Sol?	De la 64 a la 66

En el trabajo que se describe en el capítulo siguiente, hemos tratado de generalizar el proceso de identificación de conceptos físicos necesarios para presentar la respuesta a seis de estas

preguntas, así como las estrategias y los recursos que han resultado más apropiados para la enseñanza de estos conceptos dentro del contexto de la Física Solar. Estos resultados deseamos usarlos en un futuro cercano para elaborar una Web interactiva en la que alumnos y profesores puedan complementar los contenidos relacionados que se imparten en el aula.

Presentamos ahora un sencillo estudio estadístico de las frecuencias de aparición de las 620 preguntas originales formuladas por los 475 alumnos, según la clasificación desarrollada en bloques y su agrupamiento en las preguntas de la tabla 4. La distribución por edades de los niños es la siguiente:

- 77 alumnos de niveles mezclados entre 3º y 6º de Primaria (algunos de Unitaria).
- 212 alumnos de 5º y 6º de Primaria.
- 96 alumnos de 1º de ESO.
- 90 alumnos de 4º ESO y 1º Bachillerato.
- 475 alumnos TODAS las edades.

Las edades correspondientes a los distintos cursos son:

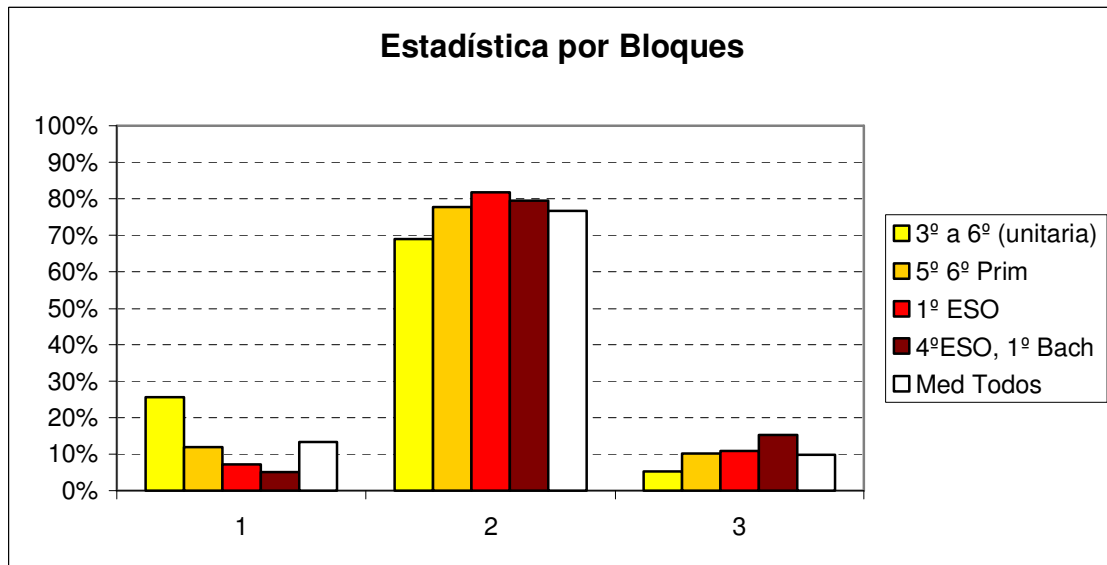
Tabla 5.

Curso	Edad
3º primaria	8-9 años
4º primaria	9-10 años
5º primaria	10-11 años
6º primaria	11-12 años
1º ESO	12-13 años
4º ESO	15-16 años
1º Bachillerato	16-17 años

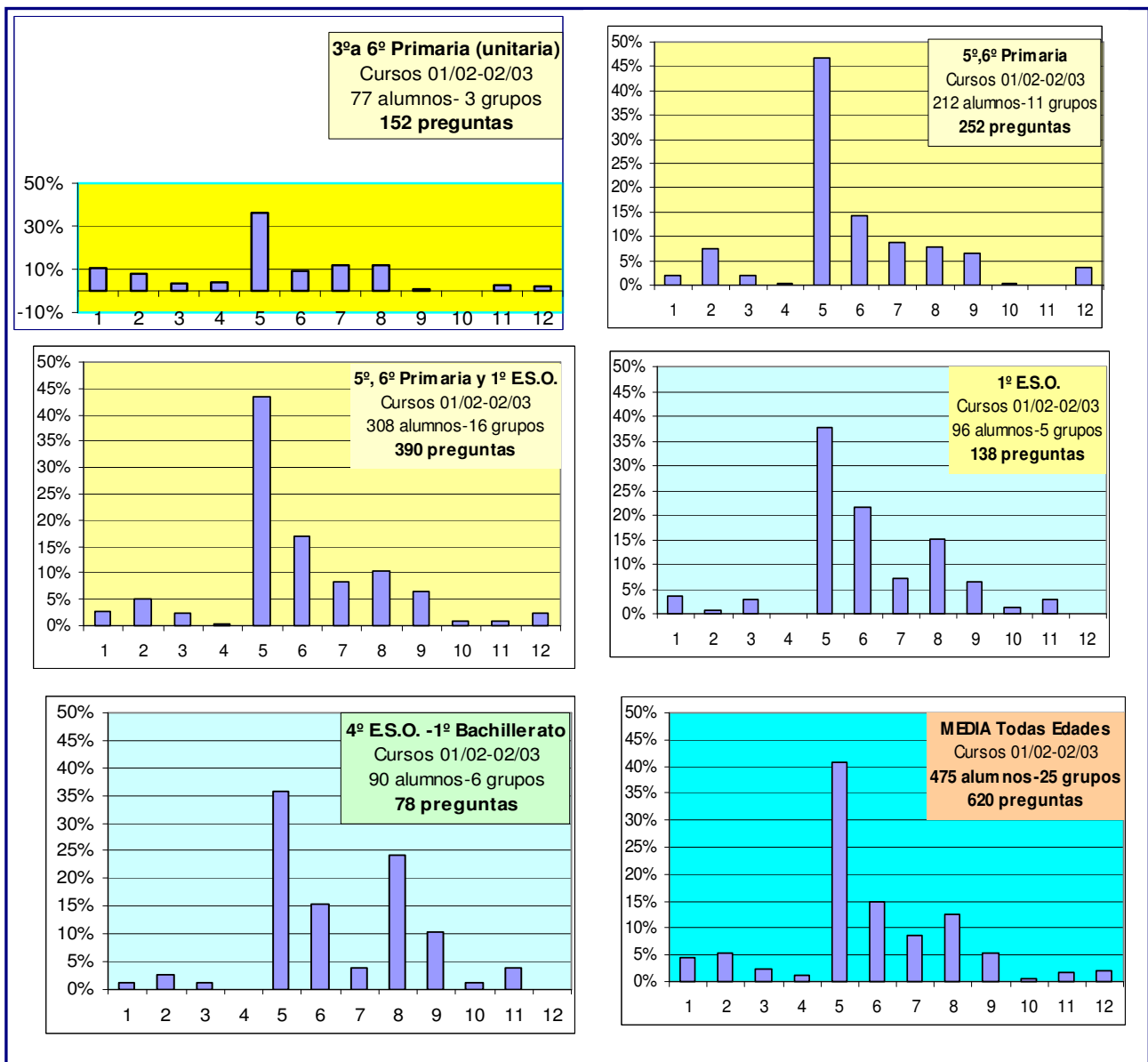
En las Figuras 1 y 2 presentamos, respectivamente, una gráfica de la frecuencia de aparición de las 12 preguntas para cada una de estas edades, y una gráfica conjunta por edades de la frecuencia de los bloques en que se reúnen las preguntas.

Como se desprende de estas estadísticas, el bloque II representa en todos los casos alrededor del 80% de las inquietudes que tienen los niños, es decir el 4/5 partes de los niños sienten curiosidad por el Sol como estrella. Pero especialmente interesante es lo que se desprende de la comparación por edades. Vemos que el interés por esta cuestión (Bloque II) aumenta con la edad, salvo en los cursos mayores donde vuelve a disminuir. El aumento es justificable puesto que en 1º de ESO es donde los contenidos de este bloque se desarrollan con mayor profundidad. La ligera disminución en los grupos de mayor edad se puede explicar por una desviación del interés hacia las cuestiones del bloque III, en las que las características observadas en el Sol pueden ser relacionadas directamente con contenidos de las asignaturas de Física y Química que se desarrollan en clase.

El decrecimiento por edades en el bloque I está de acuerdo a lo esperable según los conocimientos que deben tener los alumnos. Puesto que las cuestiones que realizan los niños es una manifestación de sus conocimientos y de su desarrollo intelectual, la estadística por bloques refleja que, efectivamente, los más pequeños están formando sus representaciones mentales sobre la ubicación del Sol en el Universo, sobre la situación relativa de La Tierra y el Sol, y lo que esto implica sobre el *entorno* del propio alumno.



Figuras 1 y 2. Frecuencia de aparición por edades de los bloques y de las 12 preguntas agrupadas.



Por tanto, decir que la estadística está de acuerdo con lo que cabría esperar según el nivel de conocimiento y desarrollo intelectual del alumnado, es también confirmar que la reunión de las 66 preguntas adaptadas en las 12 cuestiones agrupadas (con las que hemos realizado la estadística) sirven para realizar una medida correcta de estos niveles de conocimiento y por tanto es acertado este agrupamiento.

2.4 Programa Educativo “Astronomía Didáctica hasta tu aula con el Planetario Itinerante”.

En otoño de 2000, animado por mis amigos Juan Antonio Rodríguez Bueno y José Alberto Moreno Martínez¹¹ nos adentramos en la compleja tarea de construir un planetario portátil, con el objetivo de participar en la feria anual Juveándalus 2000, a celebrar en la navidad de ese mismo año en Granada. Comenzamos construyendo una cúpula de cartón como la que se describe en Broman *et al.* (1993). A pesar de ser un material poco compacto (cartón de 3 mm. de espesor) la estructura resultó ser bastante estable, además de tener buena acústica, total oscuridad y crear un ambiente agradable. El principal inconveniente que encontramos fue la forma de transportarla, pues era una única pieza de 3.5 m. de diámetro. Aconsejados por Aniceto Porcel Rosales¹², contactamos con Vicente López García¹³ quien unos años antes, junto con otros compañeros profesores de instituto, había diseñado y construido un planetario, cuya cúpula seguía un sistema de tubos, que recuerda en cierta medida a una caseta de campaña. Este planetario permite un montaje rápido y, por tanto, transportarlo sin inconvenientes. *El planetario móvil* está formado por una cúpula de 4 m. de diámetro y 3.5 m. de altura, con una capacidad para 20–25 alumnos. Consta de una esfera celeste que proyecta todas las estrellas hasta tercera magnitud, proyectores de Sol, Luna y planetas, puntos cardinales, proyector de diapositivas y simuladores de crepúsculos. El planetario funcionó en la feria Juveándalus 2000, y la experiencia fue muy exitosa.

En septiembre de 2003 elaboré un programa educativo, centrado en actividades con el planetario móvil y observaciones solares, siendo el Cabildo de Lanzarote y el Ayuntamiento de Arrecife las instituciones que desearon promoverlo por los distintos centros de Educación Primaria, Secundaria y Bachillerato de dicha isla.

Esta actividad ha resultado de gran interés y aceptación por parte de alumnos, profesorado y responsables políticos en educación, y de gran poder formativo para el doctorando. No se han recogido datos de la misma forma que en la actividad didáctica anterior, pero sí que ha servido para poner a prueba y aplicar diversas técnicas y recursos didácticos, así como para adquirir una valiosa experiencia. Este será el uso que se haga de ella en este proyecto, quedando para el futuro un análisis más detallado.

A esta oferta educativa respondieron 3900 alumnos de Secundaria y bachillerato y 700 de Primaria.

¹¹ Ambos de *Gestión del Ocio*, Sociedad Cooperativa Andaluza.

¹² Secretario General de la *Sociedad Astronómica Granadina*.

¹³ Profesor de Física y Técnico en Astronomía del *Parque de las Ciencias de Granada*.

3

Estrategias y recursos didácticos a prueba: resultados, análisis y discusión

En el apartado anterior hemos presentado las preguntas originales de los niños clasificadas en las 12 cuestiones agrupadas. En esta sección nos detenemos en las estrategias y recursos didácticos necesarios para ofrecer una respuesta satisfactoria a las seis cuestiones agrupadas más formuladas por los niños, tal como se observa en la figura 2, y en la tabla siguiente. Éstas corresponden a 355 preguntas originales que suponen el 91% de las 390 expresadas por 308 niños de 5º, 6º de Primaria y 1º de E.S.O., lo que representa una muestra suficientemente significativa.

Para elaborar el diseño de las actividades fueron consultados varios autores de Física y Astrofísica en distintos niveles y algunos sitios Web que no figuran citados en este trabajo. Estos son: Bastero Monserrat (2000), Fernández Porredón et al. (1999), Feynman R. et al. (1987), Kippenhahn R. et al. (1989), Moreno R. et al. (1996), Pasachoff et al. (1995), Stix (1991), sohowww.nascom.nasa.gov; http://sunearth.gsfc.nasa.gov/SECEF_SunEarthDay/index.html; www.lmsal.com.

Nº	Preguntas agrupadas más frecuentes	Frecuencia
1	II.1. ¿Qué propiedades tiene la estrella Sol?	44%
2	II.2. ¿De qué está hecho?, ¿en qué estado está su materia?, ¿cómo es por dentro?	17%
3	II.4. ¿Cómo nació y evolucionará el Sol?	11%
4	II.3. ¿Por qué brilla el Sol?	8%
5	III.1. ¿Qué detalles podemos observar en la superficie solar?	6%
6	I.2. ¿Dónde está el Sol?	5%
		91%

Tabla 9. Preguntas agrupadas más cuestionadas por los niños

Lo que se expone a continuación es fruto del trabajo de organización, reflexión e investigación basado en las sesiones reales con niños en las que fueron puestas a prueba las estrategias que aquí presentamos.

Actualmente está bastante consensuado que para lograr la consecución de los objetivos de la enseñanza se requiere, entre otras estrategias, partir de los conocimientos previos del alumnado (Marín Martínez, 1997). Esto va acorde con la **visión constructivista** de la enseñanza, que mantiene que es el alumno quien construye activamente nuevos conocimientos por interacción

de éstos con los ya adquiridos anteriormente. El aprendizaje significativo se da, por tanto, cuando el contenido a enseñar está relacionado de modo sustancial con lo que el alumno ya sabe, de modo que la nueva información se asimila en los *inclusiones* relevantes que existen en la estructura cognoscitiva (Ausubel, 1982; Novak, 1982). Para saber qué conceptos deben ser expuestos, en el comienzo de cada apartado haremos un balance entre los conocimientos imprescindibles que necesitamos y los que son previos del alumnado.

Como se explicó en la introducción, mientras que el tratamiento de los conocimientos en Primaria tiene un carácter esencialmente global y vivencial y, por lo tanto, de menor nivel de abstracción y profundidad, en ESO, por el contrario, el desarrollo evolutivo del alumnado (situado como mínimo en el tránsito del pensamiento concreto al pensamiento formal) requiere una mayor profundización y rigor; en este último caso se pasa de una aproximación global y basada en conocimientos concretos a otra mucho más analítica, sistemática y globalizadora, en la que se deben alcanzar niveles cada vez más altos de abstracción y generalización, al ser mayor la capacidad de razonamiento que permite efectuar inferencias y formular conjeturas e hipótesis. Esta diferenciación no supone de ninguna manera una ruptura entre las dos etapas sino que, en la Educación Secundaria Obligatoria, se va a producir una mayor diversificación, ampliación, complejidad y abstracción de los conocimientos que se han de adquirir (B.O.C. 2002).

Nuestro trabajo se basa en una labor de divulgación para un público en la frontera de dos estados evolutivos del pensamiento. Con el deseo de que el desarrollo de las actividades alcance al mayor número de alumnos posible necesitamos estar seguros que contenidos conceptuales posee realmente el alumnado. No es recomendable presuponer que los escolares conocen determinados conceptos por el hecho de que estén incluidos en el currículo, sino que será conveniente realizar la comprobación *in situ* siempre que aparezca un concepto nuevo o *dudoso*. Así, a la hora de confrontar los contenidos necesarios y los previos hemos decidido establecer estos últimos como los más elementales y conocidos por los niños de los tres cursos que consideramos, es decir, los correspondientes a 5º de Primaria. Los estudiantes de 6º de Primaria simplemente habrán profundizado más en esos mismos conceptos y los de 1º de ESO tendrán, además, una visión más analítica y global.

En lo que sigue la estructura a cada pregunta se presenta de acuerdo con el siguiente esquema:

- a) Balance entre contenidos necesarios y conocidos. En una tabla se exponen los contenidos *necesarios* separados en categorías como Magnitudes Fundamentales, Medio Físico, Leyes Físicas, etc. De ellos, algunos figuran al lado en una lista de contenidos relacionados que se imparten en Primaria y, por tanto, ya serán conocidos por los niños. El balance entre toda la información necesaria y la ya aprendida indicará cuáles serán los contenidos nuevos a introducir. Estos últimos, a su vez, pueden ser de dos naturalezas: *irreducibles* y *derivados*, y de aquí en adelante los distinguiremos así.

Desarrollaremos en cierto detalle los contenidos nuevos.

- b) Puesta en escena. Describe la respuesta real tal como se ha ofrecido a cada pregunta en las actividades didácticas.
- c) Estrategias y recursos didácticos. Racionaliza y sintetiza las tácticas seguidas.

Nótese que en este capítulo no figuran necesariamente todos los contenidos conceptuales de la lista general presentada en la subsección 2.2.2. Esto es lógico ya que ciertas nociones que

podieron ser tratadas en las actividades didácticas (por ejemplo, la cromosfera o el viento solar) no han sido necesarias posteriormente para dar respuesta a las preguntas más frecuentes.

3.1. ¿Dónde está el Sol?

Durante la actividad didáctica “Aprendiendo sobre nuestra estrella amiga, el Sol”, en la consulta 5 del cuadernillo de observación se les preguntaba a los niños: “¿Qué te gustaría saber del Sol?”, a lo que algunos respondieron:

¿Hay más estrellas que el Sol en el Universo?; el sitio dónde está situado; ¿de dónde vino el Sol?; ¿cómo puede flotar en el cielo?; ¿cuánto está de lejos?; ¿cómo llegan los rayos solares a la Tierra y a otros planetas?; ¿por qué si un cohete se acerca al Sol éste lo lleva hacia él?

... las cuales fueron agrupadas en la cuestión I.2 que da título a este apartado.

En la misma actividad, en la consulta 2, se les preguntaba precisamente “¿Sabes dónde está situado el Sol?” a lo cual respondieron:

- *En el Sistema Solar.*
- *En la Vía Láctea.*
- *En la galaxia.*
- *En el Universo.*
- *En el espacio.*

Aunque la respuesta de los niños es correcta, deseamos concretarla más, pues desde los cursos de 5º y 6º de educación primaria, la experiencia me ha enseñado que los niños poseen el desarrollo cognitivo suficiente para comprender una descripción más completa de nuestra localización en el Universo.

En la tabla adjunta se citan, por un lado, los contenidos necesarios para que el alumnado comprenda el desarrollo de este apartado y, por otro, los que se estudian en Primaria que guardan relación con los primeros.

a) Balance entre contenidos necesarios y conocidos.

Contenidos necesarios	Contenidos relacionados en Primaria (BOC 1993)
Sistemas de Referencia , arriba-abajo. Magnitudes fundamentales: distancia; carga eléctrica; velocidad; masa; fuerza; peso; gravedad. Leyes Físicas: Interacción gravitatoria; Leyes de la inercia y el movimiento. Medio Físico: radiación electromagnética, constituyentes de la materia. Fenómenos Físicos: ondas, equilibrio mecánico.	- Las unidades de medida del Sistema Métrico Decimal (longitud, superficie, capacidad, masa). - El aire: características y propiedades físicas (peso, movimiento, volumen, temperaturas...) - Funciones que realizan las máquinas en relación con la energía: transformación, transporte, acumulación y control. - La energía eléctrica. El circuito eléctrico: pila, interruptor, lámpara eléctrica. - Los materiales y sus propiedades

Los contenidos escritos en letra pequeña no son realmente necesarios para el desarrollo de este apartado, aunque sí para otros. Se incluyen aquí porque se usan en la sección “puesta en escena” como herramientas que complementan la exposición.

Contenidos conocidos: distancia y velocidad.

Los conceptos de **distancia** y **velocidad** son bien conocidos por los niños y no les dedicaremos mayor atención.

Contenidos nuevos irreducibles: fuerza, peso, gravedad, carga eléctrica (se detalla en la sección 3) y ondas.

Las nociones de *ondas* y de *carga eléctrica* no son estrictamente necesarias para describir la localización del Sol, pero han sido utilizadas para llegar al concepto de *espectro electromagnético* que aparece en la “Puesta en escena”. El concepto de carga eléctrica se introduce en el apartado 3, y el de **ondas** se explica haciendo uso de un buen número de ejemplos, como las olas del mar, la ondulación del agua de una charca cuando arrojamamos una piedra, el movimiento de una cuerda o los instrumentos musicales.

Los niños no tienen claro el concepto de **fuerza** porque es usado en el lenguaje cotidiano con diferentes significados. Es preciso exponer el significado físico de esta magnitud, usando para ello ejemplos concretos como tirar de un objeto con un cordel, o empujarlo.

El concepto de **gravedad** también lo usaremos con el sentido de *fuerza de (la) gravedad*, y con el de *campo gravitatorio*. Aun usando dos expresiones para el mismo concepto, peso y fuerza de la gravedad, es conveniente no evitar ninguno de los vocablos precisamente por la naturaleza popular de ambos. Por otro lado, he constatado que los niños usan la palabra gravedad para referirse a la *causa* que hace caer a los cuerpos, es decir, la forma en que la experimentan y la captan se asemeja mucho al significado del concepto físico de **campo**. De forma natural se puede introducir este nuevo concepto que será de gran utilidad más adelante.

Aunque el **peso** aparece explícitamente como una propiedad que estudian del aire, he comprobado que lo confunden con el concepto de **masa** debido al uso coloquial de estas dos palabras. Es preciso diferenciarlos y un método para ello es, primero, dar las definiciones de ambos, y después poner ejemplos, como el peso que tendría un alumno en la Luna, Júpiter o el Sol. Involucrar a los alumnos en los experimentos (mentales o prácticos) les motiva porque se sienten partícipes y protagonistas, por lo tanto será un recurso a usar siempre que se pueda. Para observar el significado del concepto de peso es muy apropiado usar un vídeo en el que aparezcan los astronautas en situación de ingravidez.

Al hablar de *la localización del Sol*, irremediablemente es necesario que los niños cambien en varias ocasiones de **sistema de referencia**, por ejemplo dibujando *lo que se vería desde fuera* (de la Tierra, del Sistema Solar, de la galaxia). Aunque no ha sido lo habitual, algunos niños arrastran esquemas mentales procedentes de la infancia en los que los conceptos de **arriba y abajo** son concebidos como absolutos (como se muestra en preguntas del tipo *¿por qué no se cae el Sol?, ¿está el Sol muy alto? o ¿por qué no se caen los de las antípodas?*), por tanto es apropiado clarificar estas nociones y comenzar desde aquí. No es de extrañar por otro lado, que muchos alumnos sigan con estos modelos cuando una parte importante del profesorado activo de Educación Primaria posee unas representaciones mentales semejantes, según concluye Vega Navarro (2001), y continúa, citando a Schoon (1995), “muchas de las ideas alternativas del alumnado se originan en las aulas porque estas ideas son las que tiene el profesorado.”

Contenidos nuevos derivados: interacción gravitatoria¹⁴, Leyes de la inercia y el movimiento, espectro electromagnético.

Según algunos autores, un concepto nuevo estará aprendido significativamente cuando el individuo sea capaz de relacionarlo con otros que ya posee en su estructura cognoscitiva, denominados *inclusores* (Novak, 1982) o *ideas de afianzamiento* (Ausubel, 1982). Según Ausubel (1982), para conseguir una relación entre los nuevos conceptos y los inclusores, (imprescindible para que se produzca el aprendizaje significativo, ver Novak 1982) es necesario que se establezcan *puentes cognitivos* a través de conceptos, más generales que los que se van a enseñar, que cumplen la función de salvar el abismo entre lo que el alumno ya sabe y lo que necesita saber.

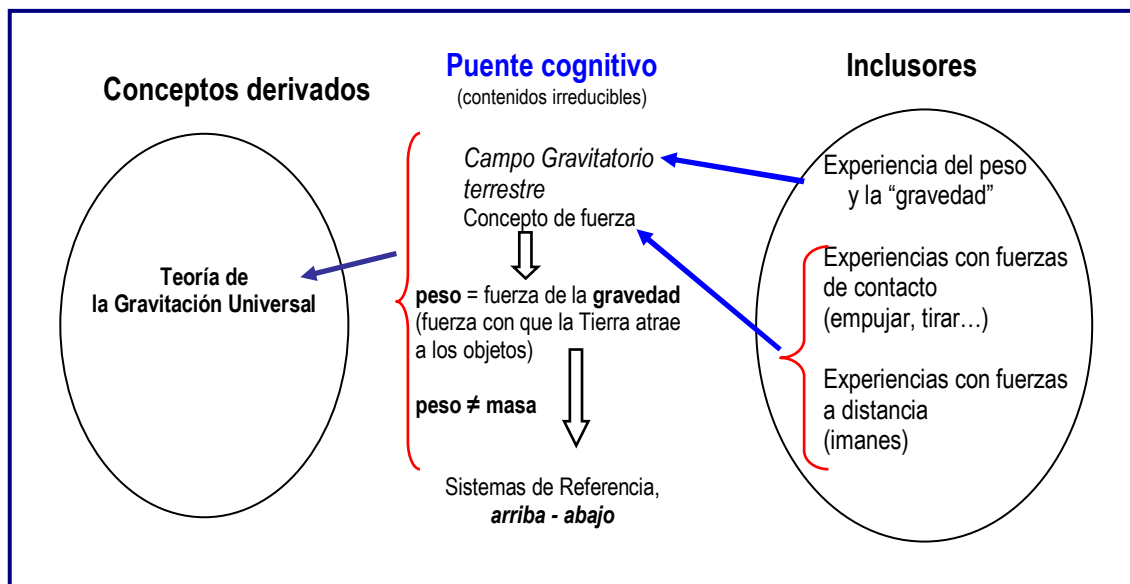
Basándome en estas ideas, para cada nuevo concepto relevante he desarrollado un proceso cognitivo como el que se describe a continuación para el campo gravitatorio y la Teoría de la Gravitación Universal.

Proceso cognitivo para describir el Campo Gravitatorio y la Teoría de la Gravitación Universal

Partiendo de varios ejemplos de fuerzas de contacto y a distancia se introduce el concepto físico de fuerza, señalando que difiere de su significado coloquial (por ejemplo referido al esfuerzo). De la experiencia con la caída de los cuerpos de forma natural aparece el concepto de campo gravitatorio. Con estos términos ya podemos hablar de los conceptos de fuerza de la gravedad y peso, distinguiéndolo de la masa. Este último también es útil para clarificar los conceptos relativos de arriba/abajo. Gracias a estas ideas (que actúan como puentes o enlaces) se puede dar el salto cognitivo y generalizar en la Teoría de la Gravitación Universal.

Este proceso cognitivo puede ser sintetizado en el siguiente esquema:

Esquema cognitivo para describir La Teoría de la Gravitación Universal



¹⁴ Consideramos aquí no sólo el peso de los objetos (que es tratado como concepto nuevo irreducible), sino la interacción gravitatoria en un sentido más general, en los ámbitos del Sistema Solar, la galaxia, el Universo en su conjunto, etc., que es presentada como concepto nuevo derivado.

El lenguaje común en los niños (y en muchos adultos), de un modo inconsciente, está ligado a una visión tolemaica, (nadie dice “La Tierra ha girado y ya no se ve el Sol”, sino que decimos “el Sol se ha puesto”) y puesto que el lenguaje expresa el pensamiento, esto se traduce en una perspectiva de la Tierra inmóvil (Lanciano 1989).

Para que se produzca la asimilación de la Teoría de la Gravitación y los niños *piensen como Copérnico aunque hablen como Tolomeo* (según se refiere Lanciano 1989) se requiere un desarrollo de la abstracción que permita cambiar de sistema de referencia desplazando el centro del campo gravitatorio de la Tierra hasta el Sol, o aún con más generalidad, hasta el núcleo galáctico. Es entonces cuando los niños se pueden plantear cuestiones tales como *por qué no se cae la Tierra* (similares a *por qué no se cae la Luna* que en alguna ocasión han formulado). Las **leyes de inercia** y el **movimiento** serán necesarias para describir el estado de **equilibrio mecánico** en que se hallan muchos sistemas en el Universo. El ejemplo de dos grupos de niños tirando de los extremos de una cuerda es muy gráfico para visualizar un sistema en equilibrio (o no), en el sentido de balance, entre fuerzas. Necesitamos el concepto de **fuerza centrífuga** que se concibe muy bien con el ejemplo del “balde con agua girando a distintas velocidades en la vertical¹⁵”, con el “movimiento de *centrifugado* de una lavadora”, o con el “movimiento característico de los perros cuando se mojan”. Este concepto se relaciona con la ley de la inercia, para lo cual sirve la experiencia cotidiana de “viajar en coche por una carretera con curvas”.

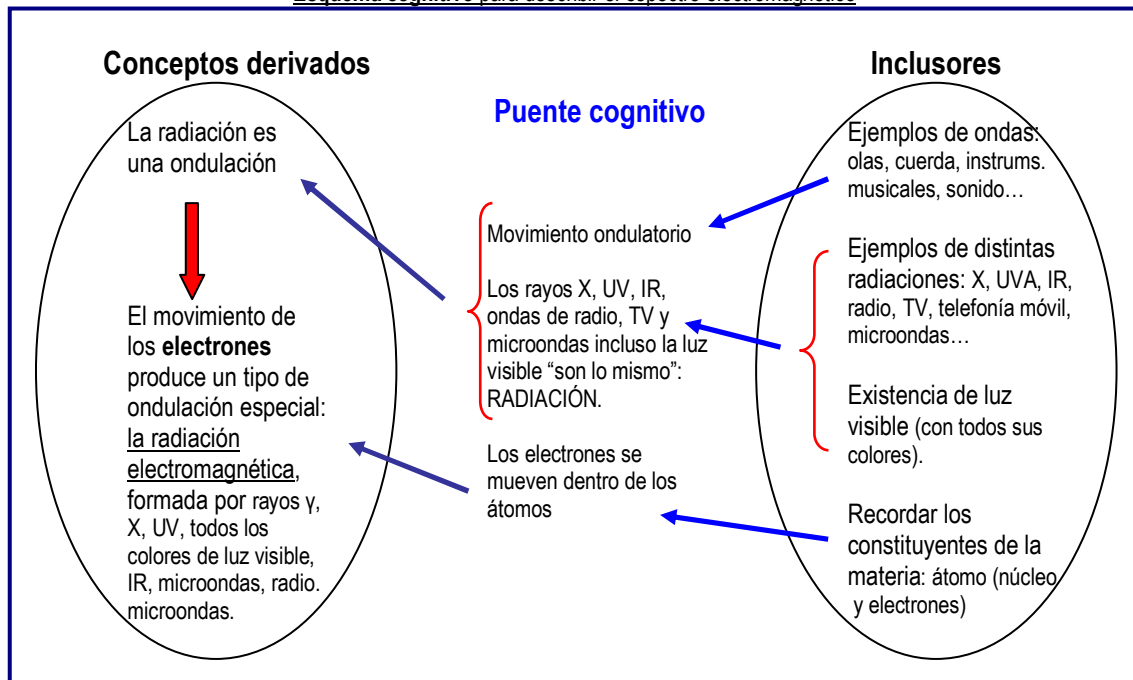
Otro concepto derivado interesante es el de **espectro electromagnético** que, como se ha dicho anteriormente, en este apartado aparece sólo para desarrollar una estrategia didáctica más amplia que ayuda a dar esta respuesta, pero que será necesario en las siguientes cuestiones. La idea esencial que se ha transmitido a los niños es la presencia en la luz solar de todos los colores, tanto visibles como invisibles para el ojo humano, que pueden ser separados cuando aquella pasa por instrumentos adecuados (prisma, gotas de agua...), y que todas las “luces de distintos colores” son el mismo tipo de fenómeno físico: radiación electromagnética. No se ha establecido, sin embargo, la dependencia del color con la frecuencia o longitud de onda de la luz, mientras que se apunta la relación con la energía, ya que les suena mucho el peligro de la radiación UV o los rayos X.

Proceso cognitivo para describir el espectro electromagnético

Comienzo nombrando los distintos tipos de ondas haciendo uso de ejemplos cercanos y coloquiales. De esta forma los alumnos advierten que lo que estoy explicando no es nada nuevo que desconozcan sino que, por el contrario, sirve como puente cognitivo entre los conceptos nuevos a enseñar y los inclusores. Así, hablar del espectro electromagnético (EM) es una generalización y síntesis de distintos conceptos inconexos que poseen al respecto: los famosos rayos UVA, los rayos X del médico, todos los colores que vemos, las ondas del microondas y las de la radio y el teléfono móvil, incluso muchos han oído hablar del infrarrojo. En los grupos que han presentado un mayor nivel (o en edades mayores) ha habido oportunidad de completar la visión del espectro electromagnético introduciendo el movimiento ondulatorio como “perturbación de un medio”, los constituyentes de la materia y el “movimiento” de los electrones como origen principal de la radiación EM.

¹⁵ Además de ser un ejemplo muy gráfico, motiva a los niños por su carácter de desafío y riesgo.

Esquema cognitivo para describir el espectro electromagnético



b) Puesta en escena.

La distancia al Sol.

Desde el punto de vista didáctico, cuando he dado respuesta a la pregunta “¿Cuánto está de lejos el Sol?”, mi conclusión inmediata es que **dar el número sin más, no dice nada a los niños** y que **les sugiere mucho más si la cantidad se compara con algo**.

De la misma forma que un niño se hace la pregunta *cuánto de lejos está mi casa del colegio, de otro pueblo, de la isla de enfrente...* para presentar la distancia al Sol es apropiado usar sus mismos razonamientos, de forma que la información sea integrada y asimilada en sus concepciones mentales. Usar el tiempo que dura un viaje como unidad de distancia (a velocidad constante y siempre la misma dentro de cada caso particular) resulta una estrategia muy válida porque el resultado les impacta y contribuye a formar sus esquemas cognitivos. Para ello hemos imaginado un hipotético viaje al Sol en un avión comercial, y comparamos el tiempo que duraría dicho viaje con otro entre dos “extremos” de La Tierra.

La primera unidad que utilizamos para realizar las comparaciones con otros astros fue la *Unidad Astronómica*, ya que las cantidades con que se trabaja dentro del Sistema Solar son “pequeñas” y fácilmente comprensibles para nuestra audiencia (por ejemplo Plutón está 40 veces más alejado del Sol que la Tierra). Pero la unidad que más éxito e interés ha despertado ha sido el **tiempo-luz**, que permite llegar hasta la distancia de las galaxias cercanas con cifras que no escapan demasiado del uso coloquial de los niños. Además ha servido para introducir otras herramientas físicas que son útiles en otros campos del conocimiento, y de las cuales haremos uso más adelante, como el espectro electromagnético, el concepto de carga y los constituyentes de la materia.

- ¿A qué distancia está el Sol? – Pregunta que aparece proyectada y que formulo en voz alta.

- *Imaginen que viajásemos al Sol en un avión de pasajeros. Van rápido, ¿verdad?, casi recorren 1000 Km. en una hora. ¿Cuánto tiempo creen que tardaríamos en llegar?* – Hay todo tipo de respuestas, pero desde luego ninguna que se acerque. Se produce gran admiración cuando ven proyectada la cifra - ¡más de 17 años!
- *¿Está lejos el Sol, verdad?* – les pregunto, y continúo introduciendo la velocidad de la luz mencionando que en la naturaleza ningún cuerpo material puede superarla- *¿Sabén qué es lo que viaja más rápido en el Universo?* – Es mayoritaria la respuesta correcta y al preguntar por su valor he podido constatar que, en general, la mayoría de los niños se pierde con el número.
- *¿Cuánto es 300.000 Km.?* - les pregunto con carácter retador, y continúo, pues normalmente se quedan callados
- *¿De Lanzarote a Las Palmas?, ¿a la península?, ¿a China?* – De estas preguntas he extraído que en general los niños están muy perdidos en distancias, incapaces de hacer una estimación, “el número se les queda grande”. Me aprovecho de la *cercanía* de la Luna, y hago uso de ella.
- *300.000 Km., queridos niños, es casi la distancia hasta la Luna – y continúo – así que si uno de ustedes ahora estuviera en la Luna y nosotros le enviásemos una señal con un láser (cuya luz viaja a la velocidad de la luz, claro) lo recibiría casi enseguida, en poco más de un segundo.*- Se despierta gran expectación y me da pie para ir *más lejos*.

De esta experiencia extraemos una herramienta muy útil: **usar siempre que se pueda experimentos mentales o viajes imaginarios que tengan que ver con el espacio exterior**, pues es un campo que apasiona a la mayoría de los niños.

- *Así que, ¿cuánto tiempo creen que tarda en llegar un rayo de luz desde el Sol hasta nosotros?* – Después de dar la respuesta me propongo provocar en ellos un *conflicto cognoscitivo*. Según Hewson (1981) y Posner *et al* (1982) es necesario, para que se produzca el cambio conceptual en ideas que están fuertemente arraigadas, que el alumno tome conciencia de la inadecuación de sus esquemas conceptuales, y se produzca un conflicto cognoscitivo.
- *Cuando vemos asomar el primer rayo de luz del Sol por el horizonte, en realidad hace un poco más de ocho minutos que ese rayo salió del Sol.*- Los niños expresan sorpresa y muchos de ellos confusión. Además les ha despertado cierta inquietud y motivación *¡hay cosas que ya han ocurrido y que las estamos viendo ahora...!* Se percibe también que disfrutan reflexionando sobre temas que rompen con el concepto absoluto de espacio y tiempo, concepción esta muy arraigada en el pensamiento propio de las edades infantiles, y de difícil maduración, si no es atendida suficientemente. Esto está de acuerdo con lo que señalan varios autores como Nussbaum y Novak (1976), Nussbaum (1985) y Baxter (1991) los cuales afirman que *las ideas de los niños acerca de la Tierra, las fases lunares, las estaciones, etc., evolucionan en fases que en cierto modo recuerdan a las seguidas por las concepciones científicas de esos hechos*.

A continuación quiero comparar la distancia del Sol a la Tierra con la del Sol a otros astros, con el fin de seguir ampliando y concretando nuestra localización en el Cosmos. Deseo continuar la exposición usando el tiempo-luz como unidad de medida de distancias, usar el recurso de imaginar viajes en el espacio y atraer la atención y el interés de los alumnos. Para ello un recurso que ha resultado muy efectivo ha sido usar como unidad de distancia en vez del tiempo-luz (visible) el tiempo que emplearía una onda de telefonía móvil. Los niños no saben que viajan

a la misma velocidad, ni siquiera las asocian, por lo que voy a necesitar introducir el *espectro electromagnético*. Podría haberme valido simplemente de la luz que ya conocen y evitarme introducir conceptos nuevos, pero en la actualidad existe un nexo *joven-móvil* tan fuerte que conectar nuestros contenidos con puntos de máximo interés del alumnado despierta fuertemente su atención y motivación (Marín Martínez 1997).

Saco de mi bolsillo el teléfono móvil y les pregunto si saben cómo funciona este instrumento actualmente tan imprescindible. Algo saben sobre la *existencia de unas ondas*, y es entonces cuando introduzco el espectro electromagnético, a través de las experiencias de dispersión de la luz, como por ejemplo el arco iris o prismas. A partir de ahí es fácil generalizar diciendo que la luz contiene además otros colores invisibles y nombre las distintas radiaciones, que son conocidas por todos por el uso popular, UV, rayos X, microondas, ondas de radio (y teléfono móvil).

Continúo la exposición haciendo uso del concepto de espectro electromagnético recién introducido. Para ello les invito a imaginar que en un futuro las agencias de viajes ofertan viajes tripulados hasta Júpiter y que uno de los compañeros o compañeras se desplaza hasta una de sus lunas. Entonces nos disponemos a llamarle por teléfono, y les hago la interpretación. Todos se ríen y se asombran del resultado de esta comunicación telefónica, normalmente no tanto por la incomodidad de una comunicación tan lenta y pausada como por el hipotético coste. Las risas permiten que el ambiente se relaje y aumente la cercanía entre nosotros (sin que por ello se pierda rigor en la enseñanza) lo que, según mi experiencia, beneficia el aprendizaje. Es más, permite que en lo sucesivo el grupo en general pierda la timidez y participe más, haciendo las sesiones más interactivas. Especialmente importante es que el alumno intervenga activamente en su propio aprendizaje construyendo sus conocimientos sobre la base de los anteriores (Marín Martínez, 1997). Implícita ha quedado una enseñanza transversal: la importancia de la Física en el desarrollo tecnológico. No es nuestro objetivo específico la educación integral del alumnado pero sí complementar su formación científica de modo que, en la medida de lo posible, es muy adecuado relacionar los contenidos que exponemos con otras áreas del conocimiento.

Para finalizar con esta sección jugamos a imaginar que en Andrómeda existe una civilización muy avanzada, que tienen telescopios muy grandes y que en el momento justo en que nos encontramos están interesados en saber *qué estamos haciendo nosotros en clase*. ¿Qué verán?, les pregunto. La introducción a este *experimento mental* la hago con objeto de despistarlos y de incentivar su espíritu crítico y la reflexión. Según lo que anteriormente les he explicado deberían predecir el resultado; sin embargo (aún habiendo realizado el experimento del amigo que viaja a Júpiter) no lo han asimilado y siguen pensando en términos de propagación instantánea de la información. Una respuesta muy normal es que *verían el techo del aula*. Esta nueva confusión con la idea de arriba/abajo pone de manifiesto lo importante que es en estas edades la repetición de conceptos desde distintas perspectivas. El resultado de este experimento sigue sorprendiendo mucho a los alumnos, *¿pensar que desde Andrómeda ahora pueden estar viendo a los primates caminar por la faz de la Tierra y, desde otras galaxias más lejanas a los dinosaurios!* El experimento ha proporcionado de nuevo una ocasión para romper con la concepción de la propagación instantánea de la luz y, como consecuencia, introducir la relatividad del espacio y el tiempo.

Por otro lado, en la actividad educativa *Astronomía didáctica hasta tu aula con el planetario itinerante* se pide a los alumnos escribir su dirección postal lo más completa que sepan¹⁶. Los dejo unos minutos al principio para que cavilen. La actividad requiere una exposición, ya que la gran mayoría no es capaz de realizarla, sólo unos pocos alumnos “toman la carrerilla” y escriben

¹⁶ Cuestión 4.3 de la ficha de astronomía para ESO y cuestión 15 en la ficha de primaria

Llegando hasta la Vía Láctea. Para la exposición el procedimiento habitual hubiera sido escribir en la pizarra mientras se describe qué es cada “estructura” o “nivel”, pero resulta más enriquecedor que se les permita intervenir. Enumeramos en grupo nuestra localización en el Universo, desde lo más local hasta lo más general. El método ha sido dejar que sean los alumnos quienes citen el siguiente nivel de distancia. Este procedimiento ha resultado motivador para ellos porque se sienten partícipes, perciben que su opinión es escuchada, y para muchos resulta un juego tipo desafío.

Una forma de ayudar a que se produzca el aprendizaje significativo de los nuevos conceptos es exponerlos desde distintos puntos de vista, de forma que haya un mayor número de conexiones entre los contenidos nuevos y los inclusores. La pregunta 14 en la ficha de primaria y la 4.2 en la ficha de secundaria proponen situar nuestra localización en el Cosmos de nuevo desde una perspectiva geocéntrica, pero ahora en relación a otros cuerpos celestes sin nombrar explícitamente (aunque va implícito) el Sistema Solar ni la Vía Láctea. En primaria, donde los alumnos deben tener menor grado de abstracción, realizamos además la cuestión 7, también relacionada con este tema, en la que estudiamos la posición del Sistema Solar desde un sistema de referencia exterior a la galaxia, desde “arriba” (o “abajo”) pero no de “perfil”.

El desarrollo de esta cuestión ayuda a que el alumnado amplíe espacialmente el concepto de *entorno*. Ya que éste es relativo a la persona (el medio percibido y sentido como próximo) expandirlo es beneficioso para el desarrollo y crecimiento intelectual del alumno, además de para ampliar conocimientos. Para los grupos de más nivel o mayor edad que han querido (y pedido) profundizar más y conocer las causas físicas, la descripción fue completada introduciendo la Teoría de la Gravitación Universal (como se expone más detalladamente en el apartado 2).

Los acontecimientos astronómicos de estos últimos años (tránsitos de Venus y Mercurio) han sido una oportunidad excelente para difundir entre los niños algunos de los métodos que sigue la Astrofísica para determinar el valor de la Unidad Astronómica. Tales eventos despiertan mucha curiosidad y producen motivación por la ciencia, lo que nos permite desarrollar más contenidos y con mejores condiciones de aprendizaje.

c) Estrategias y recursos didácticos.

- Usar como *unidad de distancia* el tiempo que dura un hipotético viaje. Esta estrategia permite realizar comparaciones de distancias con unidades y cantidades con las que los niños están familiarizados.
- Comparar la distancia Tierra-Sol con la distancia del Sol hasta otros planetas, cometas más alejados, estrella más cercana, centro galáctico y galaxia más cercana. Esta estrategia, además de localizar y concretar la posición del Sol en su entorno, proporciona esquemas para efectuar representaciones mentales de las distancias relativas. Para ello han sido puesta a prueba dos unidades diferentes, la Unidad Astronómica y el tiempo-luz.
- Utilizar como *unidad de distancia* el tiempo-luz. Aunque empleado para comparar distancias, es de gran rentabilidad porque permite romper con la concepción de propagación instantánea de la luz y, como consecuencia, introducir la relatividad del espacio y el tiempo.
- Realizar actividades en las que se exponga nuestra *localización en el Universo* desde *distintas perspectivas*, persiguiendo producir más enlaces cognitivos que promuevan el aprendizaje significativo.

3.2. - ¿Qué propiedades tiene la estrella Sol?

Las preguntas formuladas por los niños que han sido reunidas bajo la cuestión II.1 que da título a este apartado son:

*¿A qué **temperatura** está?, ¿de qué **color** es en verdad?, ¿qué **tamaño** tiene?, ¿cuándo nació?, ¿qué **forma** tiene?, ¿cómo es su superficie?, ¡ver toda la energía que tiene para darle luz a la Tierra!*

Entre todas las propiedades de la estrella Sol, hemos creído conveniente en este apartado dar respuesta a las magnitudes físicas contenidas en las preguntas originales de los niños: **tamaño, masa, temperatura, luminosidad, color y forma**. En el transcurso de las sesiones didácticas no se ha recibido ninguna pregunta explícita acerca de la *masa solar*, pero hemos considerado especialmente instructivo incluirla. La *edad del Sol* se contesta en la pregunta referida a su evolución, ya que queda en un mejor contexto.

a) Balance entre contenidos necesarios y conocidos.

Contenidos necesarios	Contenidos relacionados en Primaria (BOC 1993)
<p>Aritmética: potencias y <i>nº muy grandes</i>.</p> <p>Magnitudes fundamentales de Física: longitud, área y volumen; temperatura; masa; energía; velocidad; peso; luminosidad.</p> <p>Medio Físico: radiación térmica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Las unidades de medida del Sistema Métrico Decimal (longitud, superficie, capacidad, masa). - Formas geométricas y situación en el espacio. - El aire: características y propiedades físicas (peso, movimiento, volumen, temperaturas...) - Funciones que realizan las máquinas en relación con la energía: transformación, transporte, acumulación y control. <ul style="list-style-type: none"> - Utilización habitual de distintas formas de energía. - Transformación de la energía.

Contenidos conocidos: longitud, área y volumen, velocidad, masa y peso.

El significado de estas magnitudes es familiar para los niños, ya que se usan normalmente en situaciones cotidianas y aparecen en los contenidos curriculares. Confunden los conceptos de masa y peso, que fueron diferenciados en el apartado anterior.

Contenidos nuevos irreducibles: temperatura, energía, luminosidad; potencias y números muy grandes.

Los conceptos de **temperatura** y **energía** son familiares por su uso popular y habitual. Ahora bien, mientras del primero conocen “la” *unidad de medida*¹⁷ y son de capaces de utilizarla en distintos contextos, el segundo es preciso concretarlo, ya que posee dos significados y el que se usa mayoritariamente es el coloquial. Según el Diccionario de la Lengua Española, la primera acepción de energía es “Eficacia, poder, virtud para obrar” y la segunda “Capacidad para realizar un trabajo. Se mide en julios”.

La forma de explicar este segundo significado será exponer distintos tipos de energía, la forma en que operan en algunos ejemplos, de manera que adquieran una noción intuitiva del concepto, tal como aparece en el programa curricular.

- Calor (acercándose, por ejemplo, a una hoguera).

¹⁷ Obviamente la unidad que conocen es el grado centígrado, para ellos, simplemente *grados*.

- Energía lumínica (luz solar: quemar un papel focalizando su luz con una lupa).
- Energía eléctrica (para que funcionen los aparatos eléctricos: electrodomésticos, ordenadores, videoconsolas, etc.).
- Energía química (pilas, para que funcionen también algunos aparatos eléctricos).
- Energía mecánica (para moler el grano con la rueda en el molino de gofio).
- Energía eólica (para que la piedra del molino gire).
- Energía solar¹⁸ (para calentar, por ejemplo, un balde de agua expuesto unas horas al Sol; quizá algunos niños hayan visto placas solares).

La palabra **luminosidad** aparece en el Diccionario como “Cualidad de luminoso”, y es con esta acepción como la entienden los niños si se les pregunta, es decir como una propiedad que puede presentarse en el ambiente, “hay mucha luminosidad”. En nuestra definición de luminosidad como **potencia luminosa** es preciso recalcar que nos referimos a la energía por unidad de tiempo que sale de la estrella, no la que nosotros percibimos. Los ejemplos que nos ayudan a exponer esta idea son “una habitación con una bombilla”, o “los focos de un estadio”, de forma que los niños advierten que no es la misma “cantidad” de energía lumínica la que se percibe cerca de la fuente luminosa que a cierta distancia.

Los niños no conocen aún las **potencias**, sin embargo es adecuado expresar algunos valores de las magnitudes en *potencias de diez* si se explica su significado, escribiendo el número completo con todos sus ceros, y se expone la causa por la que esta notación es usada por los científicos. He podido comprobar que incluso les puede resultar motivador (para seguir aprendiendo e interesarse por la ciencia) porque se sienten capaces de entender un lenguaje exclusivo de los científicos, en cierta medida se sienten *aprendices de científicos*.

Contenidos nuevos derivados: radiación térmica.

Aunque en el apartado anterior se expuso el espectro electromagnético y el concepto de radiación, es fundamental incidir en el origen térmico del concepto, para lo cual nos basaremos en distintos ejemplos: “¿Por qué el mosquito sabe dónde estas durmiendo?”, planteando esta pregunta podemos iniciar una reflexión que concluye en la emisión térmica de energía como consecuencia de la temperatura de los cuerpos. Un ejemplo válido puede ser las gafas de visión infrarroja que los niños han visto sin duda en películas. La premura de tiempo hace que sea necesario seleccionar contenidos, por lo que este tema queda simplemente esbozado y no se profundiza más en él.

b) Puesta en escena.

La riqueza didáctica de este apartado radica en la forma de hacer captar a los niños la “dimensión” de las cantidades que expresan las magnitudes físicas empleadas en Física Solar. Pero la primera *dificultad* que nos encontramos es que los niños no están acostumbrados, ni en su contexto social ni en el académico, a trabajar con valores “tan grandes”. Por eso dar las cantidades, sin más, no dice nada a nuestra audiencia, necesitan una referencia de su entorno cercano y familiar con la que compararlas. Esta característica es válida para muchas de las magnitudes y, por tanto, utilizar comparaciones adecuadas es un recurso que es deseable usar siempre que sea posible. Por otro lado es muy enriquecedor en su formación que comprendan

¹⁸ El calificativo solar indica simplemente la procedencia de esta energía, que podría clasificarse como de tipo lumínica y calorífica. La distinguimos por resultar familiar a los niños y ser bien conocida por ellos.

(mejor aún, que elaboren) algunos de los métodos seguidos por la Ciencia para obtener las medidas de estas magnitudes. Es un recurso didáctico muy consensuado que el alumno aprenda Ciencias a través de una actitud semejante a la que adoptan los científicos (Bachelard, 1988; Hodson, 1992). Marín Martínez (2002) y Marín Martínez (2003) usa la expresión “*el alumno como científico*” para referirse a estos modelos de enseñanza de las ciencias que indican de por sí el tipo de metodología usada.

Asimismo, es primordial en la formación científica, social y cultural de los niños que perciban que conocer el valor de estas magnitudes en el Sol es no sólo interesante por sí mismo, sino también necesario para avanzar en otros ámbitos de la ciencia y la tecnología. Hemos detectado que esta cuestión induce motivación gracias a que entienden algunas de las aplicaciones prácticas que tiene la Física. Y esto es muy deseable ya que si el alumno no está motivado, por muy buenas condiciones de enseñanza que se establezcan, será imposible que aprenda nada (Pozo, 1992). Por eso es tan necesario conectar el contenido en cuestión con temas de interés del alumno (Marín Martínez, 1997).

Veamos ahora los ejemplos y recursos utilizados para explicar cada una de las propiedades solares.

El tamaño del Sol.

También esta magnitud puede ser percibida en función del tiempo que dura un viaje. Si suponemos que viajamos en un avión comercial a una velocidad de 1000 Km. por hora, los niños constatan la dimensión del Sol comparando el tiempo empleado en desplazarnos sobre la superficie de la Tierra y del Sol entre los dos polos (20 horas frente a 3 meses).

Otro recurso es usar una de las imágenes existentes en las que se compara el tamaño relativo de los planetas y el Sol, por un lado, y por otro un diagrama H-R que muestre las dimensiones relativas de los distintos tipos de estrellas. De esta forma queda completa y justa la comparación de tamaños. En ambos casos, nunca han faltado expresiones de los alumnos como *¡chooooo!* al ver lo grande que es el So y, al mismo tiempo, lo pequeño. El recurso usado es de nuevo la **comparación**, en este caso en dos escalas diferentes, que demuestra a los niños que la percepción mental depende del sistema que usado para referir las comparaciones.

La masa del Sol.

Como es obvio, no existen ejemplos familiares a los niños de estas edades con los que comparar la cantidad que expresa la masa solar. Lo interesante, desde el punto de vista educativo, es la apreciación del *tamaño* de esta cifra, ya que las cantidades mayores que han nombrado y oído nombrar nuestros niños a lo sumo llegan a los millones o quizás billones (y esto en otra época, cuando nuestra moneda era la peseta...)

He comenzado explicando que la mayoría de las cantidades se expresan en lenguaje científico, por cuestiones de comodidad y espacio, y les muestro y pronuncio la masa del Sol expresada en potencias de diez. Desgloso el número con todos sus ceros y los reto a leerlo. De nuevo se crea un ambiente gozoso y distendido que ayuda a memorizar la masa del Sol, *¡dos quintillones de kilos!* y a motivarse por lo que están escuchando.

Cuando el alumnado ha sido de cursos superiores es posible recordar las unidades de medida e incluso calcular el peso de un alumno en otros astros. He podido advertir que, en general, a los niños les gusta imaginar que pudieran estar en otros astros y realizar experimentos que expongan diferencias entre vivir en alguno de ellos o en la Tierra. El recurso es muy apropiado pues les estimula y fomenta su interés por seguir aprendiendo sobre el tema. También es válido

para los niños más pequeños (de 5º Primaria a 1º ESO), pero ofreciendo una descripción más somera.

La temperatura del Sol.

Seguramente el alumnado de estas edades no comprenda en profundidad el significado físico de esta magnitud, pero están acostumbrados a ella y poseen una referencia con la que comparar. Decir que el Sol tiene en su superficie unos seis mil grados queda dentro de sus esquemas mentales, pero de igual forma manifiestan sorpresa, pues ellos mismos están realizando mentalmente el proceso comparativo. En el caso de la temperatura y según se desprende de los comentarios de los niños, les surge inmediatamente el sugerente contraste entre “habitabile” y “no habitabile”.

La luminosidad del Sol.

Incluso antes de clarificarles nada, los niños tienen cierta idea de a qué nos referimos pero, como mencionábamos antes, el término no les resulta del todo familiar. No obstante, he comprobado que la comprensión del significado de esta magnitud no presenta ninguna dificultad cuando es expresada en *vatios*, pues permite una comparación directa, por ejemplo, con las bombillas de casa.

El color y la forma del Sol.

En este caso el principal recurso es la observación solar a través de distintos instrumentos astronómicos¹⁹. Es especialmente importante avisar a los niños del peligro que conlleva esta actividad; cuando comencé a trabajar con niños simplemente les transmitía esta advertencia, pero observé que la curiosidad hacia lo prohibido en algunos de ellos podía al sentido común; por eso ahora prefiero ofrecerles información más amplia y detallada y estimular su propia responsabilidad. Les digo que un telescopio es una lupa, pero mucho más grande, y les pregunto qué pasa cuando focalizan la luz de una lupa sobre un papel o un ratito en la mano. No ha habido ningún niño que manifestara desconocimiento. A continuación les sugiero que se imaginen lo qué ocurriría si detrás de nuestra “gran lupa” pusiéramos uno de nuestros ojitos, y les pregunto si alguien quiere mirar el Sol sin filtros. Obviamente ninguno quiere, aunque “los más graciosos” aprovechen para “vacilar”²⁰. Aun con todo lo anterior como preámbulo a la observación, ésta debe ser en todo momento dirigida y SUPERVISADA. Cuando estamos ya casi concluyendo aún vuelvo a incidir sobre este tema para ver su grado de asimilación: me hago “el despistado” y pregunto si alguien va a comprobar las manchas que tiene el Sol ese día por la tarde con los prismáticos de casa. Hay alguno que responde afirmativamente sin pensar, pero los compañeros son también rápidos en recriminarle, y mi mejor respuesta es mirarlo y preguntarle simplemente: ¿Seguro?...

He podido comprobar por tanto que es mucho más eficaz responsabilizar de esta cuestión a los niños antes que prohibirles.

En cuanto al color, se explicó a los niños que la luz blanca solar contiene todos los colores visibles, haciendo uso del ejemplo familiar del arco iris. Aprovechando los recursos materiales disponibles, los alumnos pudieron observar el Sol de color amarillo, naranja, rojo y blanco azulado, como se explicó en el capítulo anterior, al atravesar su luz filtros de distintos colores. La idea de esta experiencia era esencialmente transmitirles que tales colores estaban presentes, contenidos, en la luz solar. Se puede completar esta *panorámica* con ayuda de imágenes del Sol captadas desde satélite y grandes telescopios en Tierra, en otros colores del visible, en UV y en rayos X. Como fusión de estas dos partes es una ocasión idónea para hablar de la luz y del

¹⁹ Ver el capítulo referido a la metodología.

²⁰ Me refiero al significado coloquial de “vacilar” como burlar, no como dudar.

espectro electromagnético que, como se recordará, ya fue introducido como noción derivada y complementaria en la primera pregunta.

Respecto a la forma, los niños se cuestionaron que fuese esférica, aunque les pueda parecer de modo natural que ésa sea la figura geométrica a la que responden los cuerpos celestes. De nuevo la escasez de tiempo y la necesidad de seleccionar nociones hizo que no insistiera en el carácter central del campo gravitatorio que justifica dicha forma. Por el contrario, se mostró a los niños que el Sol puede presentar estructuras que modifican sensiblemente su forma esférica: sin duda lo que más les impresiona son las *protuberancias*. En palabras de algunos de ellos: *pensaba que el Sol era liso y ahora sé que tiene manchas y protuberancias*.

Hasta aquí describo las intervenciones que he desarrollado en este tema en el transcurso de las actividades didácticas. Quiero destacar que he recogido de parte de los alumnos escasas preguntas referidas al método seguido por la ciencia para alcanzar el valor de las medidas. Algunas posibles causas pueden ser el carácter con que se desarrollan las actividades que apenas deja tiempo, por la falta de interés de los alumnos, o porque ni siquiera se lo hayan planteado y lo acepten como dogma. Aún así considero especialmente instructivo describir algunos procedimientos, por un lado por su potencialidad formativa, ya que ayuda a tomar conciencia de que el conocimiento tiene un proceso, sigue un método y no es un dogma eterno, sino que cambia y se construye con la colaboración de todos los científicos. Por otro lado aquellas medidas que pueden realizarse con los conocimientos existentes en su nivel, estimulan su interés por la ciencia, pues la aceptan como algo cercano, práctico e incluso divertido.

c) Estrategias y recursos didácticos.

- Elegir unidades apropiadas para expresar el valor de las magnitudes físicas.
- Usar como *unidad de distancia* el tiempo que dura un viaje.
- Expresar el valor de las magnitudes físicas mediante comparaciones adecuadas al contexto del alumnado.
- Realizar experimentos mentales que tengan que ver con el espacio exterior y con la visita a otros planetas para el desarrollo de determinados contenidos.
- Imaginar hipotéticas sensaciones que experimentaríamos si estuviésemos en otros astros, como el *peso propio, lanzar una piedra, dar un salto, etc.*
- Escribir y leer los números muy grandes con todos sus ceros, con objeto de impresionar a los niños y motivarlos.
- Observar el Sol a través de instrumentos astronómicos.

3.3. ¿De qué está hecho?, ¿en qué estado está su materia?, ¿cómo es por dentro?

La pregunta 1.2, que da título a este apartado unifica las cuestiones siguientes formuladas por los niños:

¿De qué está formado?; ¿cómo es por dentro?; ¿qué tiene en sus capas?; si el Sol es (o está hecho de) un volcán; ¿tiene fuego?

a) Balance entre contenidos necesarios y conocidos.

Contenidos necesarios	Contenidos relacionados en Primaria (BOC 1993)
<p>Magnitudes fundamentales de Física: temperatura; presión; densidad; energía; carga eléctrica</p> <p>Medio Físico: constituyentes de la materia: moléculas, átomos, núcleos y electrones; radiación Estados de agregación de la materia.</p> <p>Leyes Físicas: Interacción gravitatoria y electrostática.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El aire: características y propiedades físicas (peso, movimiento, volumen, temperaturas...) - Funciones que realizan las máquinas en relación con la energía: transformación, transporte, acumulación y control. <ul style="list-style-type: none"> - Utilización habitual de distintas formas de energía. - La energía eléctrica. El circuito eléctrico: pila, interruptor, lámpara eléctrica. - Transformación de la energía. - Los materiales y sus propiedades <ul style="list-style-type: none"> - Cambios físicos: fusión, solidificación, evaporación, condensación y ebullición. - Cambios químicos: las combustiones. - Comportamiento de los materiales al paso de la luz y la electricidad, y ante un aumento de temperatura y humedad.

Para el desarrollo de este apartado necesitamos los contenidos que figuran en magnitudes fundamentales de Física, Medio Físico y Leyes Físicas. Los fenómenos físicos los derivaremos de lo anterior.

Contenidos conocidos: energía, temperatura, radiación, interacción gravitatoria
Han sido ya expuestos en apartados anteriores.

Contenidos nuevos irreducibles: presión, densidad, constituyentes de la materia, carga eléctrica,

Contenidos nuevos derivados: interacción electrostática, estado de plasma (que se introduce en la puesta en escena)

El concepto de **presión** es familiar por su uso habitual, pero los niños tienen una vaga idea de su significado o incluso ni eso. Existen ejemplos intuitivos que ayudan a comprender su significado, como el efecto que produce en los oídos cuando buceamos a 2 o 3 metros de profundidad. Los niños han aprendido que esa sensación es causada por el aumento de presión, pero lo interesante desde el punto de vista didáctico es que han sentido y experimentado el efecto. Al comentarlo los alumnos toman conciencia del fenómeno: - "El agua que tenemos encima nos *aplasta*, de igual manera que cuando colocamos muchos libros encima de los pétalos de una flor cuando queremos secarla" -. Los alumnos reconocen estas *experiencias habituales*, las comprenden y es el principio del aprendizaje del concepto físico. Para concretar más el significado de presión, nos valemos del ejemplo de una chincheta y un martillo, haciéndoles entender a través de un dibujo, que no produce el mismo efecto golpear la chincheta por la punta que por la parte ancha, en función del área golpeada. Otro ejemplo muy intuitivo es hablar de

cómo se hunde en la nieve una persona que camina con o sin raquetas. De estos ejemplos se encuentra una relación entre la fuerza que se emplea (el martillo o el peso del esquimal) y el área en donde se aplica esta.

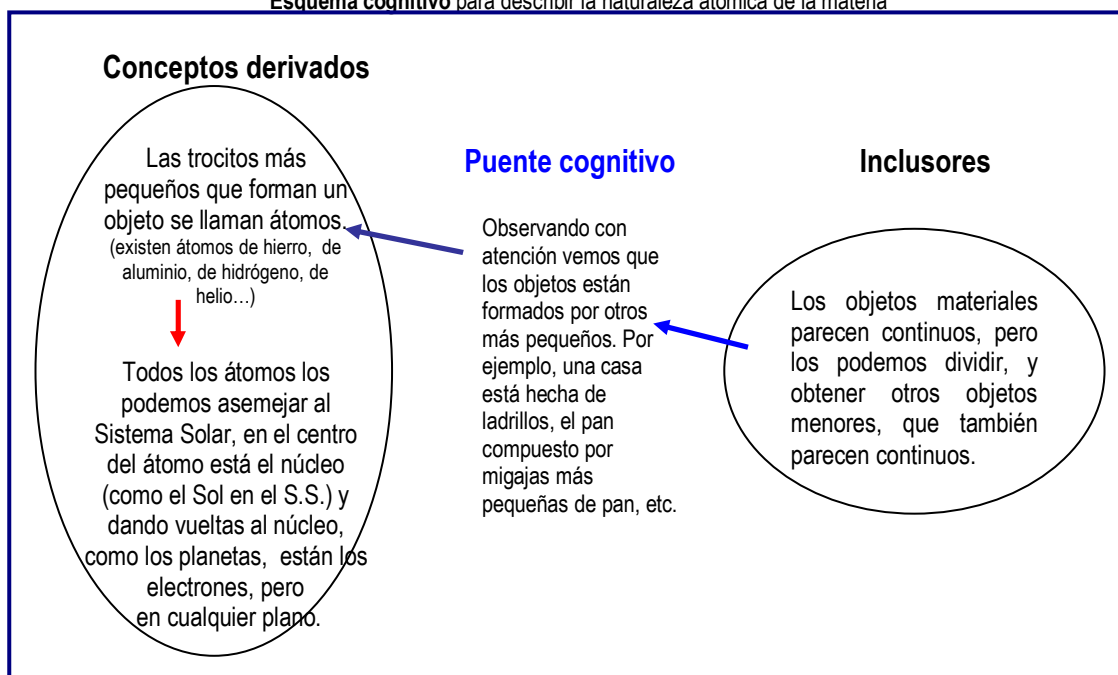
El concepto de **densidad** intuitivamente se asemeja con el *apretamiento de las cosas*. Una pregunta muy adecuada que induce reflexión, es la clásica con la que todos hemos aprendido - *¿Qué pesa más un kilo de hierro o un kilo de paja?, ¿qué abulta más un kilo de hierro o un kilo de paja?* – Los niños captan que es una pregunta típica con *trampa*, lo cual vale para que piensen antes de responder. Cuando exponemos entre todos la solución, comprenden qué significa el concepto de densidad de forma que crean una visión intuitiva de la magnitud. Vale por último poner algún ejemplo más con el que están muy familiarizados, a la vez que realizamos una pequeña inmersión por la riqueza cultural de las islas y conectamos con otras áreas de conocimiento. Hablamos de las rocas volcánicas, con las que prácticamente todos los niños canarios han jugado. Al tener en sus manos dos, aproximadamente del mismo tamaño, antes decían: -“hay unas piedras que pesan más que otras”- ahora dicen: -“hay unas piedras más densas que otras”-. De forma que queda manifestada la relación existente entre el peso de la piedra y el espacio que ocupa.

Las experiencias didácticas han puesto de manifiesto que en general los niños de estas edades han oído hablar de los **constituyentes de la materia**, aunque ese tema no aparece explícitamente en el currículo. Para exponer la estructura atómica de la materia nos servimos del siguiente desarrollo:

Proceso cognitivo para describir la naturaleza atómica de la materia

Tomamos unas tijeras y un hilo que vamos cortando en mitades. Cuando llevamos varios cortes les pregunto ¿Puedo seguir cortándolo más? A lo que responden afirmativamente según observan. Cuando el trozo de hilo es muy pequeño, algunos comienzan a pensar que ya no es posible cortarlo más, pues observan que el filo de las tijeras es más grueso que el hilo que queda. Este es el momento de dar el salto cognitivo, asemejando los átomos a los ladrillos de una casa. Hace falta dar otro salto para pasar del átomo a sus componentes, que lo salvamos asemejándolo con el Sistema Solar remarcando la diferencia de los modelos en cuanto a las órbitas se refiere y al problema de la localización exacta de sus componentes.

Esquema cognitivo para describir la naturaleza atómica de la materia

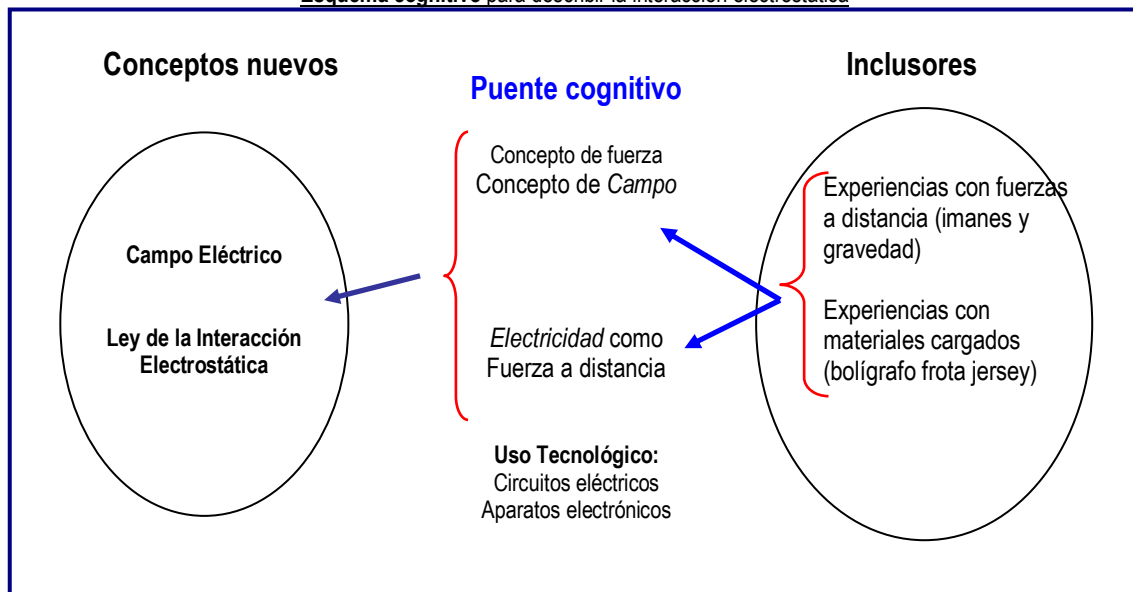


Con respecto a la **carga eléctrica** en el programa curricular se trabaja con la corriente y energía eléctrica, pero no aparece explícitamente la carga, por lo que es conveniente dar de ella una explicación. Comenzamos con la realización del experimento de cargar eléctricamente un objeto, por ejemplo un bolígrafo. Se frota en el brazo o jersey y se acerca a un trocito pequeño de papel. Cuando observan que éste se pega al “boli” se les pide que opinen sobre lo que está ocurriendo. Es evidente que hay “algo” que impide que el papel se caiga, que lo podemos asemejar a un pegamento. Los niños ven que “el pegamento” es invisible, pero que actúa igual, a través de una fuerza de cohesión. Después de esto se habla de la carga como propiedad de la materia que produce dos efectos, la atracción y la repulsión, parecido a los imanes que ellos conocen. Después se introducen las polaridades y se relacionan con los constituyentes de la materia que acabamos de ver: núcleos y electrones. Es posible también *romper* el núcleo en protones y neutrones para mostrarles que no todo tiene que tener carga, pero dependerá de cómo el grupo vaya recibiendo estos contenidos, no es imprescindible. Lo que es fundamental enfatizar es la neutralidad eléctrica de la materia en conjunto aun estando formada por cargas.

Contenidos nuevos derivados: interacción electrostática.

A este concepto se llega como generalización de lo explicado anteriormente para la carga eléctrica. Es muy recomendable presentar la similitud con el campo gravitatorio, contrastando las dos leyes y los dominios que rigen. De esta forma se establecen relaciones globalizadoras entre los contenidos que ayudan a producir el aprendizaje significativo. El desarrollo de la descripción de la interacción electrostática se puede sintetizar como sigue:

Esquema cognitivo para describir la interacción electrostática



b) Puesta en escena.

Aunque a estas alturas nos parezca extraño, una idea bastante sostenida entre los niños (al menos en Lanzarote) es que el Sol está hecho de volcanes, por lo tanto parten de la idea preconcebida de un Sol *duro*, como la Tierra y la Luna. Así que no es de extrañar la expectación que se crea cuando manifiesto que el Sol es “gaseoso”, y por lo tanto “no se podría pisar”. La expresión generalizada en los niños es asombro – *¿gaseoso?* – preguntan extrañados, y

continúan - *¿y como se puede mantener unido?*- Como es de esperar, los esquemas cognitivos previos de los niños, el conjunto de ideas y representaciones que han construido anteriormente y llevan a la escuela, son representaciones subjetivas, rudimentarias, distorsionadas y poco maduras, basadas en su propia experiencia cotidiana (BOC, 1993): así, en sus esquemas, para que la materia se mantenga unida ha de estar en estado sólido, si no se dispersaría. Es básico en este punto, por tanto, recordar la gravitación.

Para la mayoría es la primera vez que oyen de la existencia de astros formados por “gas”. Aunque hayan entendido el razonamiento, aún es pronto para que se produzca la asimilación, es oportuno poner más ejemplos a continuación, (estrellas, planetas gigantes, etc.) con los que al principio se siguen sorprendiendo pues su mentalidad requiere de clasificaciones claramente separatistas, y para ellos, los planetas son *otros mundos*, es decir, deben estar en estado sólido. Si esta información novedosa, que les ha llamado especialmente la atención, la perciben más tarde por otras vías (en libros, en TV, por el profesorado, en casa, etc.) se producen conexiones cognitivas que favorecerá el aprendizaje.

Para completar la descripción desde el punto de vista atómico, expresar que el Sol está formado casi por completo de hidrógeno resulta para los niños más abstracto y menos entendible que relacionarlo con la composición química de algo conocido. El agua ha resultado ser un buen ejemplo, por un lado porque es bien conocido y estudiado por el alumnado y por otro porque los niños canarios se sienten *unidos* afectivamente con el mar.

Siguiendo con la composición del Sol, he podido constatar, que hay un *número importante* de alumnos y profesores, que creen que el *helio* es el elemento más abundante en el Sol. El error surge, según los propios comentarios de algunos profesores, por una mala interpretación de la causa que dio el nombre a este elemento.

Nuestra audiencia ya sabe de qué está hecho el Sol, y a continuación corresponde hablar del estado físico en que se encuentra su materia. Decir que el Sol es gaseoso, aparte de no ser del todo correcto, tampoco es suficiente porque les da una sensación de “algo” que se puede dispersar fácilmente. Para conseguir una *representación* satisfactoria en el pensamiento de los niños es preciso decirles más. He constatado que se despierta mucha curiosidad cuando hablo de que la materia puede presentarse en un 4º estado. La mayoría de los niños no lo ha oído nombrar nunca, y a quienes se lo han enseñado normalmente le han dicho sólo que en ese estado se encuentra gran parte de la materia en el Universo. Es por tanto muy desconocido, aun cuando todos lo veamos normalmente.

¿Cómo explicar qué es un plasma?

De nuevo podemos hacer uso del recurso comparativo, y valernos del cambio de estado del agua que es bien conocido por todos los niños. A través de los cambios de estado se puede explicar que en principio *cualquier* material podría alcanzar el estado de plasma si se reúnen las condiciones necesarias de presión y temperatura. Es importante dar a conocer la existencia de este estado, que resulta mucho más común de lo que pensamos, pero teniendo cuidado de que no se imponga la *identificación plasma-fuego*. Poniendo más ejemplos de plasma se consigue que entiendan que todo el fuego es plasma, pero que no todo el plasma es fuego, y por lo tanto *el Sol no es de fuego*, como habitualmente piensan.

Sirvan como ejemplos de plasmas la llama de un fuego o de un encendedor, el relámpago, la chispa que salta en un cortocircuito: son ejemplos de aire muy caliente (a miles de grados) que por tanto no está en estado gaseoso. Otras muestras son el *gas* de una lámpara fluorescente; los letreros luminosos de neón y argón. Algunas propiedades de la materia en este estado que

les presento son: no existe recipiente que pueda contenerlo, ya que ningún sólido soporta las temperaturas del plasma; tiende a actuar en bloque; oscila como una gelatina cuando es perturbado (en esto se parece más a un líquido que a un gas, ya que el gas se dispersa); el movimiento de sus partículas se puede ordenar, hacer que “marchen en formación” mediante un campo magnético.

Siguiendo los requerimientos de los niños, una vez que conocen de qué está constituido y en qué estado está su materia, falta describir cómo es el interior solar. Para hablar de ello es muy funcional clasificar las zonas como capas, igual que lo que ya saben ellos para la Tierra. Para que la descripción sea correcta (no necesariamente completa) es preciso hablar de la *interacción de la radiación con la materia* que permite entender los mecanismos de transporte de la energía.

Núcleo solar: he podido constatar que esta zona les resulta especialmente atractiva después de haber expuesto las propiedades externas del Sol, - *Si está a 6000° por fuera, ¿a qué temperatura estará en el centro?* – se preguntan. Parece como si los niños intuyeran el orden de magnitud de los números que van a salir. Otra propiedad que también provoca mucha expectación es la densidad central del Sol. El número en sí no es tan espectacular para un niño como cuando se dice 15 millones de grados, en el caso de la temperatura, pero cambian de parecer cuando captan el significado. Para ello me valgo del siguiente experimento:

“Cuando el suelo es de baldosas me ayuda a definir cuadrados de áreas iguales (1 m²) sobre el piso del aula. Cada niño se sitúa en un cuadrado, y eso lo asemejamos a la densidad del agua (cada niño es un gramo y cada cuadrado sería un cm³, puntualizando la diferencia entre la superficie que tomamos como ejemplo y el volumen al que la asimilamos). Cuando a continuación les digo que se imaginen que en tan sólo 1 de los cuadrados tienen que colocarse 160 niños, expresan su admiración y comprensión del significado. Es oportuno si se aprovecha para dar otros números típicos de densidades en el Universo, como la de Saturno o de una enana blanca. Ambos les sorprenden, pero el segundo les motiva especialmente y se encuentran deseosos de continuar la explicación de este tema, adelantándose a la evolución solar. En este apartado hacemos solamente mención de que esta zona del Sol, gracias a las condiciones físicas anteriores, es donde se crea la energía, y que a ésta todavía le queda un largo trayecto por recorrer hasta llegar a la superficie solar y desde allí alcanzar la Tierra en tan solo 8 minutos

La zona radiativa es especialmente problemática. Desde las primeras sesiones comprobamos que el nombre, además de no ser bien comprendido por la audiencia, es confundido con la palabra *radiactiva*, mucho más popular. Por este motivo, y de acuerdo al texto de Fernández Porredón *et al* (1999), decidimos llamarla *zona de radiación* ya que la palabra *radiación* es mucho más popular y extendida. Sin embargo su sentido es captado sólo parcialmente, relacionado normalmente con las radiaciones de altas y bajas energías, se hace preciso ampliar el concepto con el conjunto de ondas del espectro electromagnético.

Esta capa debe su nombre al modo de propagarse la energía; aunque ese concepto se describe en el siguiente apartado es adecuado aquí exponer al menos su fundamento. Me sirvo del ejemplo de “un grupo de corredores que quieren hacer una carrera el domingo durante las horas del mercadillo. Estarán continuamente chocando con personas, estas se caerán, se retirarán, se moverán, se empujarán unas a otras, mientras que los corredores se cansarán y se sentirán cada vez con menos energía (en el sentido coloquial y también físico)”. Con este ejemplo los niños entienden que el rayo de luz (atleta) pierde energía en su trayecto a lo largo de esta capa y que, como consecuencia de esa interacción de la radiación con la materia, el medio se agita, se calienta.

Zona de convección: de nuevo volvemos a encontrar ejemplos cercanos que ayudan a entender y visualizar los procesos físicos. En este caso me he ayudado del ejemplo del *agua hirviendo en el caldero*, que resulta muy útil ya que es un fenómeno con el que los niños están familiarizados.

c) Estrategias y recursos didácticos.

- Imaginar escenas en las que algún alumno está en el Sol. Las descripciones se basan en la comparación de acciones imposibles en el Sol y que el alumnado conoce: pisar, caminar, nadar, respirar, etc.
- Explicar el estado de plasma haciendo uso de sucesivos cambios de estado. Mostrar ejemplos de compuestos que tienen *preferencia* por unos u otros estados.
- Utilizar ejemplos familiares que sean similares a los procesos físicos que suceden en el Sol.

3.4 - ¿Por qué brilla el Sol?

El título de este apartado proviene de las cuestiones agrupadas en la cuestión II.3 que formularon los niños:

¿Por qué el Sol no se apaga nunca?; ¿qué es lo que lo mantiene encendido?; ¿por qué es tan caluroso?; ¿por qué da luz?; si el Sol podría enfriarse.

a) Balance entre contenidos necesarios y conocidos.

Contenidos necesarios	Contenidos relacionados en Primaria (BOC 1993)
<p>Magnitudes fundamentales de Física. Temperatura; energía; luminosidad; opacidad.</p> <p>Medio Físico. Constituyentes de la materia: moléculas, átomos, núcleos y electrones; radiación</p> <p>Leyes Físicas: Ecuación de Einstein</p> <p>Fenómenos Físicos. Generación de energía: Reacciones Nucleares; Mecanismos de transporte de la energía.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El aire: características y propiedades físicas (peso, movimiento, volumen, temperaturas...) - Los materiales y sus propiedades <ul style="list-style-type: none"> - Cambios físicos: fusión, solidificación, evaporación, condensación y ebullición. - Cambios químicos: las combustiones. - Funciones que realizan las máquinas en relación con la energía: transformación, transporte, acumulación y control. <ul style="list-style-type: none"> - Utilización habitual de distintas formas de energía. - La energía eléctrica. El circuito eléctrico: pila, interruptor, lámpara eléctrica. - Transformación de la energía. - Comportamiento de los materiales al paso de la luz y la electricidad, y ante un aumento de temperatura y la humedad.

Contenidos conocidos. Los que figuran en magnitudes fundamentales de Física (salvo el concepto de opacidad) y Medio Físico.

Contenidos nuevos irreducibles: opacidad; ecuación de Einstein.

Aparece solo un concepto físico hasta ahora nuevo: **la opacidad**. El término que define el concepto es usado exclusivamente en el lenguaje científico. Sin embargo existe una derivación del vocablo de uso coloquial y conocido por ellos: opaco, por lo que no es necesario, introducir el

nuevo vocablo. Usando esta terminología es estudiado por los niños, como una propiedad de los materiales. Así que en el transcurso de las sesiones didácticas, para no dar lugar a confusiones, y puesto que es una propiedad que no aparece en demasiadas ocasiones, diremos sencillamente que, “la materia es opaca y la luz no puede atravesarla”.

La **ecuación de Einstein** aparece por primera vez en este apartado. Siguiendo nuestra clasificación, por su carácter se asemeja más a un contenido irreducible que a uno derivado. Algunos alumnos saben de su existencia, pero obviamente no es conocida y es preciso mostrarla y explicar su contenido y significado. Los niños de estas edades todavía no saben ecuaciones, pero si que conocen todos los símbolos que aparecen en la ecuación, salvo quizá el de elevar al cuadrado, que comprenden sin dificultad al relacionarlo con la operación aritmética de la multiplicación. No resulta inadecuado el uso de la ecuación, sino que su carácter popular y la reconocida fama del físico, actúan como motivadores a los niños, y entienden que están aprendiendo algo de gran importancia.

Contenidos nuevos derivados: las reacciones nucleares y el transporte de la energía, que son contenidos directos de la puesta en escena, donde se responden.

b) Puesta en escena.

Con objeto de ayudar al proceso de aprendizaje de estos nuevos conceptos, es oportuno buscar ejemplos familiares al contexto de los niños, de forma que sirvan como enlace entre los inclusores y los conceptos nuevos. Comenzamos citando ejemplos coloquiales de generación y transformación de energía:

- Quemar madera, gas butano: generación de energía por combustión.
- Cascada de agua: transformación de energía mecánica en energía eléctrica.
- Calentamiento de las gomas de las ruedas de una bicicleta en movimiento: transformación de energía mecánica en calor.
- Molinos de los parques eólicos: transformación de la energía del viento en energía eléctrica.
- Molinos de viento tradicionales: transformación de la energía del viento en trabajo.
- Pilas: transformación de la energía química en energía eléctrica.

Primeramente las **reacciones nucleares** las mencionamos como un proceso más de la lista anterior, que sirve para generar energía, con la característica especial de que es el que opera en el centro del Sol y las estrellas.

A continuación usamos la ecuación de Einstein para exponer que la generación de energía en el núcleo solar se puede entender como un cambio de estado, la energía el 5º estado de la materia, y que ocurre exclusivamente cuando la materia se encuentra a temperaturas muy altas, como la de los centros de las estrellas. En la experiencia he podido observar que algunos niños conocen las reacciones nucleares, incluso desde el punto de vista atómico.

La experiencia *parece enseñar* a los niños que la luz, o bien atraviesa un material sin que este le ofrezca *resistencia* (agua, cristal, aire, etc.), o bien no lo atraviesa. Así mismo, es habitual en la enseñanza reglada, aprender a distinguir los cuerpos como opacos, traslúcidos o transparentes, la cual es una clasificación totalmente subjetiva de la interacción física entre la luz y la materia (Tignanelli 1994).

Es muy acertado realizar un esquema con los tres tipos de transporte de energía (conducción, radiación y convección) citando algunos ejemplos de cada uno de ellos, de forma que los niños asocien los nuevos conceptos con las experiencias que ya conocen. Vale, por ejemplo, un caso que nos ha pasado a todos, quemarnos con el asa de la tapa de un caldero al fuego, para explicar el transporte por conducción. El mismo caldero con agua hirviendo sirve como ejemplo para explicar la convección. Para el transporte radiativo, menos intuitivo, ha servido como ejemplo una hoguera o un encendedor. El siguiente ejemplo ayuda a que los niños formen sus nuevos esquemas mentales, desde el punto de vista atómico, de la interacción materia-radiación en el transporte radiativo.

Imaginen una carrera de 100 m. lisos. Los atletas alcanzan la meta en tan solo 10 segundos, ¿verdad? Imaginen ahora que en el interior de la pista hay miles de personas, unas al lado de las otras, obviamente obstaculizan el paso. Sin ninguna duda ahora los atletas tardarán muchísimo más en alcanzar la meta, ¿cierto? Los atletas hacen el papel de la luz y las personas de los átomos de la materia solar.

Con objeto de que los niños capten la verdadera *dimensión* del acontecimiento y no se queden solamente en la *historieta*, el ejemplo necesita ser confrontado con datos reales, como el tiempo que tarda un *rayo de luz* en atravesar el Sol. Resulta más enriquecedor si contrastamos ese tiempo y el tamaño del Sol con la distancia Sol-Tierra y el tiempo que emplea la luz en su trayecto.

La ebullición en la capa convectiva, alcanza el borde del Sol explicando que, gracias a que la materia deja de ser opaca el calor del Sol puede escapar y es por ello que llega hasta nosotros su luz.

c) Estrategias y Recursos Didácticos.

- Comparar las reacciones nucleares con otras formas de extraer energía.
- Buscar ejemplos familiares que sean similares a los procesos físicos que suceden en el Sol.

3.5 - ¿El Sol evoluciona, o siempre ha sido y será igual?

Cuando pregunté a los niños “¿Qué te gustaría saber del Sol?”, relacionado con este apartado, respondieron:

¿Cómo se formó?; ¿Cuándo se formó?; Si el Sol podría explotar; Si dentro de unos años se tragará la Tierra; Si el Sol podría encogerse; Si el Sol durará siempre o desaparecerá y por qué

a) Balance entre contenidos necesarios y conocidos.

Contenidos necesarios	Contenidos relacionados en Primaria (BOC 1993)
Magnitudes fundamentales de Física: tamaño; masa; fuerza. Fenómenos Físicos: equilibrio mecánico; Reacciones Nucleares. Medio Físico: radiación térmica. Leyes Físicas: Interacción gravitatoria; leyes inercia y movimiento; ecuación de Einstein.	- Las unidades de medida del Sistema Métrico Decimal (longitud, superficie, capacidad, masa). - El aire: características y propiedades físicas (peso, movimiento, volumen, temperaturas...) - Unidades de medida de tiempo.

Contenidos conocidos: todos (los contenidos que se necesitan para este apartado ya han sido expuestos)

Contenidos nuevos irreducibles y derivados: no es necesario ninguno nuevo.

b) Puesta en escena.

Por lo general los niños nunca se han planteado si el Sol *nació* y si *morirá*, en definitiva, que cambie, evolucione, como se ha puesto de manifiesto en la cuestión 4 del cuadernillo de observación, en la que la respuesta generalizada es que *el Sol no cambia, siempre está igual*. Quienes hacen referencia a algún cambio se refieren a los producidos por la rotación terrestre, es decir, al movimiento del Sol en la bóveda celeste. Esta conclusión también es bastante generalizada en adultos, como me ha demostrado la experiencia. Es muy extendido por tanto que no seamos conscientes de la dinamicidad intrínseca del Universo. La escala de tiempo de evolución del Sol (y del Universo) es tan grande comparada con nuestra escala de vida, que se nos *escapa de la visión*, y solamente ser captada con el pensamiento. Así que no es de extrañar que el tema de la evolución solar despierte gran curiosidad en los niños.

En el transcurso de las sesiones didácticas he ido narrando los estados evolutivos que *vivirá* el Sol, realizando comparaciones de las magnitudes tamaño, color, temperatura y densidad (estas dos últimas en el centro y en la superficie) en el Sol de ahora y en las distintas fases de su vida. La descripción se acompaña de varias imágenes astronómicas, elegidas cuidadosamente, de forma que asemejen el Sol como pensamos que ha sido o será en otros tiempos. Las imágenes astronómicas son un recurso muy útil, por diversos motivos:

- Encontramos objetos astronómicos, relacionados con la evolución estelar, en distintos estados evolutivos, lo cual permite realizar una semejanza con lo que creemos que fue y será el Sol.
- Las imágenes motivan fuertemente al alumnado, porque les permite captar la belleza de la naturaleza, y porque la relacionan con otros temas del Universo, lo que a menudo

ha hecho que se ilusionen y busquen información en libros, enciclopedias o páginas Web.

Durante la exposición, he realizado el experimento de imaginarnos que quizá el Sol se hubiese formado en un cúmulo abierto como *Las Pléyades* o en uno cerrado como el de *Hércules*. Es interesante porque puede dar lugar a que los niños se planteen preguntas que normalmente no se les ocurre. “días sin noches (simultaneidad de soles)”, o “noches tremendamente estrelladas”, “concepción de año y estaciones”, etc. Los niños disfrutaban con este tipo de reflexiones, y a mi me permite que, al vislumbrar los niños otras posibilidades, se refuerce en sus esquemas mentales la semejanza física entre estrellas y Sol. Quiero conseguir también que en sus esquemas mentales acerquen el concepto de planeta gigante con el de estrella o Sol, ya que normalmente los conciben como dos objetos muy distintos.

Con grupos de niveles superiores, a veces se presenta la oportunidad de concebir la evolución estelar desde un planteamiento físico, haciendo uso de sus conocimientos de Física, ya que desde 4º de E.S.O. aparece en el programa curricular *las leyes de Newton y la Ley de la Gravitación Universal*, y realizar con ellos un tratamiento más formal, centrándonos en el equilibrio mecánico de las fuerzas, y la sucesivas etapas de ruptura de este equilibrio como consecuencia del agotamiento de los combustibles nucleares.

c) Estrategias y recursos didácticos.

- Redefinir las palabras usadas indistintamente en los lenguajes científico y coloquial.
- Usar comparaciones de los valores de las magnitudes en distintos estadios evolutivos para incidir en la dinamicidad del Universo.
- Uso de imágenes reales (M16, M45, eta Carinae, M57) para ilustrar los estadios evolutivos del Sol, comparando con otros casos conocidos.
- Comparar el Sol con características de otras estrellas en otros estadios evolutivos.
- Comparar los tamaños del Sol en fase Gigante Roja y Nebulosa Planetaria con el tamaño actual.
- Comparar la temperatura en superficie del Sol actual y del Sol en G.R. y enana blanca.
- Comparar el color del Sol actual con su estado en GR. y EB.
- Imaginar las diferencias que experimentaríamos si viviéramos en un planeta perteneciente a un cúmulo o en un sistema binario.

3.6. - ¿Qué detalles podemos observar en la superficie solar?

...y sobre el tema de este apartado los niños querían saber:

¿Cómo son las manchas solares?, ¿Cómo son las protuberancias, son permanentes?, ¿Qué se observa en el Sol por un telescopio?

a) Balance entre contenidos necesarios y conocidos.

Contenidos necesarios	Contenidos relacionados en Primaria (BOC 1993)
<p>Magnitudes fundamentales de Física: temperatura; carga eléctrica; opacidad.</p> <p>Concepto Físico: "magnetismo".</p> <p>Medio Físico: constituyentes de la materia: moléculas, átomos, núcleos y electrones; radiación térmica;</p> <p>Leyes Físicas del electromagnetismo.</p> <p>Fenómenos Físicos: Mecanismos de transporte de la energía, corriente eléctrica</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El aire: características y propiedades físicas (peso, movimiento, volumen, temperaturas...) - Los materiales y sus propiedades - Funciones que realizan las máquinas en relación con la energía: transformación, transporte, acumulación y control. <ul style="list-style-type: none"> - La energía eléctrica. El circuito eléctrico: pila, interruptor, lámpara eléctrica. - Transformación de la energía. - Comportamiento de los materiales al paso de la luz y la electricidad, y ante un aumento de temperatura y la humedad. - Utilización de técnicas para orientarse mediante la observación de elementos del medio físico (sol, estrellas, árboles, solanas, umbrias, etc.) y la brújula

Contenidos nuevos irreducibles: "magnetismo" y corriente eléctrica.

La palabra **magnetismo** es poco conocida por los niños, pero enseguida se dan cuenta que guarda relación con los imanes. Conocen la brújula y relacionándola con los imanes comprenden que la Tierra es otro imán. Experimentando con los imanes observan que según enfrentemos sus lados se atraen o se repelen. Los niños observan que existen fuerzas atractivas y repulsivas, como en el caso de la interacción eléctrica, y por analogía a la Tierra se llaman polos. Después podemos hablar de las fuerzas magnéticas y el campo magnético, también en analogía a las interacciones eléctrica y gravitatoria.

La **corriente eléctrica** es conocida por el programa curricular.

Contenidos nuevos derivados: leyes del electromagnetismo.

Leyes de inducción de Faraday y de Ampère. Lo más esclarecedor es realizar con los niños las mismas experiencias con que fueron descubiertas estas leyes. Aunque la ley de Faraday no es necesaria en el desarrollo de nuestros contenidos, exponerla da simetría a la explicación y ayuda al proceso de globalización en los contenidos. Después de elaborar los experimentos los niños han comprendido que las corrientes eléctricas se comportan como los imanes: producen campos magnéticos. A continuación para que los niños capten las implicaciones de estos conceptos es importante citar algunos ejemplos: "si colocamos un imán en el eje de las aspas de un molino, cuando estas hacen girar el imán, ¿qué sucederá?, ¿qué estamos consiguiendo?".

Contenidos conocidos: el resto.

b) Puesta en escena.

En el transcurso de las sesiones didácticas esta misma pregunta (¿Qué detalles podemos observar en la superficie solar?) se la he efectuado a los alumnos usando otro lenguaje. En el cuadernillo de observación de la actividad didáctica *Aprendiendo sobre nuestra estrella amiga, el Sol*, la pregunta tres dice: “3. Dibuja el Sol como te lo imagines”. El resultado más sobresaliente en los dibujos realizados por los niños es un círculo (normalmente sin detalles) rodeado o bien por líneas (rayos) o bien por una aureola (circular o puntiforme). Los niños que dibujan detalles en el disco, o bien sencillamente lo rellenan, o bien realizan una distribución más o menos homogénea de rasgos. La mayoría de los rasgos dibujados en el interior no tienen un significado claro, lo que hemos interpretado como *desconocimiento*. Este resultado no es de extrañar pues, por un lado, es la primera vez que los niños van a realizar una observación solar y, por otro, el Sol es quizá el astro sobre el que menos se divulga. Otro pensamiento muy difundido es que el Sol está hecho de fuego, como ponen de manifiesto muchos de los dibujos y preguntas realizados por los niños.

Después de que los niños realicen desde la actividad 1 a la 5 del cuadernillo de observación, efectuamos las observaciones del Sol, tal y como queda descrito en la sección 2 de metodología y trabajo de campo. Una vez finalizada la actividad, antes de marcharse les pido que rellenen las cuestiones 13, 14 y 15 del cuadernillo, en las que se les solicita que opinen sobre la sesión didáctica concluida. Entre todas las opiniones las más abundantes son las que dicen:

- *creía que el Sol era una simple bola amarilla sin más y ahora sé que es mucho más;*
- *pensaba que el Sol era liso y ahora sé que tiene manchas y protuberancias,*
- *pensaba que era más grande y ahora me parece una luna.*

El procedimiento seguido para la descripción de esta cuestión ha sido primeramente observacional: que sea el propio alumnado quien descubra los rasgos visibles en el Sol a través de la **observación** dirigida y **supervisada en todo momento**²¹. Algunos se dan cuenta que la tarea no consiste simplemente en asomarse a *ver qué se ve*, sino en escudriñar todos los rincones y detalles que muestra el ocular del telescopio. En esta experiencia se puede y debe fomentar el espíritu científico, por ejemplo, desafiándoles a plasmar en la pizarra un dibujo consensuado que fielmente reproduzca los rasgos visibles.

A continuación vamos a analizar la observación ayudándonos de imágenes y animaciones. Comienzo mostrando una imagen global del Sol en fotosfera²², que sirve para afirmar que el Sol cambia, pues la posición de las manchas difiere a las que los niños han visto. También podemos comparar con algún dibujo del Sol en días anteriores. De esta forma llegamos a la primera conclusión, las manchas cambian de lugar como consecuencia de la rotación solar. Un conjunto apropiado de imágenes en días sucesivos puede servir para que los niños calculen el periodo de rotación solar, pero mejor aún si es a través de sucesivos dibujos que los niños realizan coordinándose en grupos, y siempre posteriormente se puede completar con imágenes reales.

Nos fijamos en las ampliaciones en que se ven una mancha en detalle y la granulación. A partir de estas conectamos con lo que hemos aprendido del interior solar, relacionando la granulación con la zona convectiva y, por tanto, con la emergencia de energía desde el interior. Es muy adecuado en este punto reforzar lo dicho antes mediante una animación.

²¹ Tal como queda reflejado en el apartado 2 de este capítulo.

²² Póster “La superficie del Sol”, cortesía del IAC, 1990

Ponemos nuestra atención en las manchas que, para entender su origen magnético las contrastamos con gráficos en que aparecen líneas de campo magnético formadas por limaduras de hierro en un imán.

Nos fijamos ahora en los detalles de una mancha y vemos como la penumbra presenta unos filamentos radiales que dan la sensación que el plasma estuviera en otro plano, ascendiendo desde el centro de la mancha y cayendo en los bordes de la penumbra. Percibir esta tercera dimensión es de gran utilidad didáctica, y ya es posible con las imágenes obtenidas por el Telescopio Solar Sueco. Relacionando didácticamente las leyes del electromagnetismo vistas antes, con los procesos convectivos, podemos mostrar a los niños que las estructuras que han observado a través del telescopio son una consecuencia de la emergencia de energía magnética desde el interior solar.

c) Estrategias y recursos didácticos.

- Utilizar la observación astronómica como método para plasmar detalles, trabajar la percepción visual, y profundizar en la Física Solar.
- Discusión en grupo para construir un modelo (dibujo) consensuado.
- Servirme de material gráfico (póster y fotos del Sol en fotosfera, cromosfera y corona) y audiovisual como ayuda en las descripciones y profundización de los contenidos.

4

Conclusiones y Proyectos futuros

Cada cuestión planteada por los niños a la que hemos dado respuesta requiere unos conocimientos particulares de Física, aunque algunos aparecen repetidos en muchas de ellas. Cada respuesta pueden ser expuesta de distintas formas según los criterios propios de cada divulgador, pero lo que no va a cambiar en ningún caso es el contenido físico necesario. La física necesaria la hemos clasificado atendiendo a contenidos irreducibles y contenidos derivados. Los primeros van a ser conceptos generales, mientras que los segundos son más elaborados y dependientes de los primeros, por tanto más específicos. La respuesta se irá construyendo partiendo de ejemplos que sirvan de base para plasmar los conceptos físicos que necesitamos. De estos pasaremos a otros conceptos más elaborados que, en ocasiones pueden servir de base para otros aún más elaborados. Aún estando en varios niveles de complejidad de los contenidos siempre existen (o se pueden inventar) símiles de tal forma que los sucesivos grados de complejidad se suavicen concretando en estos ejemplos el desarrollo abstracto. La respuesta final la dará la unión adecuada de los pasos anteriores, y como es de esperar no es único el camino que conduce a ella. El educador debe de saber elegir el que sea más adecuado a las circunstancias particulares de cada grupo, y profundizar de acuerdo a las necesidades y requerimientos del alumnado, siendo estos los que en última instancia van a decidir cuánto quieren saber de un tema, por mucho empeño, ganas, o recursos que ponga el divulgador. A continuación se expresa a modo de esquema.

1. Devolverles la pregunta a ellos de manera que, reflexionando sobre ella, se obtenga los conocimientos que saben y las pautas de por donde continuar la explicación. Las respuestas y razonamientos que los niños realizan indican el grado de comprensión que poseen sobre los contenidos que vamos a necesitar, y por tanto, marcarán el punto de partida, lo que necesita ser expuesto y lo que no. Además, por el estado de desarrollo de su pensamiento los razonamientos que realizan los basan en hechos, situaciones concretas, nunca o rara vez generales, por lo que obtenemos un compendio de ejemplos con los que seguir el hilo conductor. Normalmente los ejemplos que ellos mismos ponen están relacionados con los temas que más interés

les despiertan, por lo que están dando las pautas de por donde seguir, de forma que se garantice el interés y la motivación en lo sucesivo.

2. Para cada concepto nuevo irreducible, buscar ejemplos o experiencias que guarden relación con su contenido físico. Siempre existen ejemplos que motivan al alumnado si no son suficientes o adecuados los que salieron previamente, aquellos que tengan que ver con sus temas de interés. Como los gustos van por modas, en general es fácil encontrar ejemplo. En los esquemas cognitivos descritos, estos ejemplos actúan como inclusores, es decir, como punto de partida para lo siguiente, por lo que es muy importante elegirlos bien.
3. Reflexionar con los niños sobre lo que ocurre en los ejemplos para extraer su contenido físico. Analizándolos desde la perspectiva adecuada los niños pueden llegar a intuir qué es lo común en todos los ejemplos de manera que el análisis muestre el contenido físico implícito y es el profesor el encargado de exponer y definir el concepto en sí, que es más general y abstracto. Este concepto recién introducido será el enlace con otros conceptos por venir, opera por tanto como puente cognitivo enganchando los inclusores con los conceptos derivados.
4. Introducir conceptos derivados. Estos se fundamentan en los anteriores, avanzando en el grado de abstracción y por lo tanto de complejidad, por lo que es muy adecuado que se concrete cuanto sea posible y si es posible con nuevos ejemplos o inventar símiles, que al estar fundados en algo concreto se hace más entendible, poniendo el especial cuidado para que los niños no se queden en la mera historieta y extraigan el contenido que veníamos explicando. Si existen otros temas que guarden relación con nuestros contenidos (y que sean de interés del alumnado) es apropiado citarlos para incentivarlos.
5. Dar la explicación unificando los conceptos desde los más básicos hasta los más generales. No existe un único camino para ello, y cada educador deberá elegir el más apropiado de acuerdo a las circunstancias particulares de cada grupo.

Estrategias y Recursos Didácticos

Presentamos algunos de los recursos y estrategias que hemos usado con más frecuencia y que han resultado ser de gran rentabilidad educativa. Están basados en la actitud con la que los alumnos participan en las actividades, en lo entendible que se presentan los conceptos y la relación con otros y en las cuestiones que son de un interés especial en ellos.

En divulgación general

- El talante cercano y el uso de vocabulario sencillo producen acercamiento entre las partes y los niños se sienten con más confianza para intervenir.
- Relacionar los contenidos con temas de interés del alumnado los motiva.
- Interaccionar con los alumnos a través de desafíos conduce a los alumnos hacia una actitud participativa y reflexiva.
- Exponer escenas o ejemplos en que ellos se vean reflejados, produce motivación ya que se sienten protagonistas.
- Las situaciones que despiertan humor provocan distensión y acercamiento.

- Mostrar interés por lo que expresan los motiva porque se sienten *atendidos*.

En divulgación Astronómica.

- Uso de imágenes reales y aplicaciones multimedia. Son recursos imprescindibles por su amplia riqueza educativa.
- Realizar experimentos mentales que tengan que ver con el espacio exterior y con la visita a otros planetas. Produce mucha motivación pues resulta ser un tema de gran atracción para el público infantil.
- Imaginar las diferencias que experimentaríamos si viviéramos en un planeta perteneciente a un cúmulo o en un sistema binario. Por las mismas razones que antes produce una motivación especial.
- Usar como *unidad de distancia* el tiempo que dura un hipotético viaje. Puesto que es necesario en Astronomía hablar de distancias, permite realizar comparaciones de distancias con unidades y cantidades con las que los niños están familiarizados.
- Utilizar como unidad de distancia el tiempo-luz. Aunque empleado para comparar distancias, es de gran rentabilidad porque permite además conectar con otros temas de interés del alumnado, como los viajes espaciales, la relatividad del tiempo y el uso de las nuevas tecnologías.
- Escribir y leer los números muy grandes con todos sus ceros y en potencias de diez los impresiona y los motiva. Se hace expresar cantidades que, por el tema que nos ocupa, resultan *astronómicas*, siendo necesario y adecuado expresarlas en el lenguaje matemático que primero se aprende en el colegio.
- Inventar símiles concretos que simulen acontecimientos físicos, como por ejemplo una carrera de atletas en un mercadillo lleno de gente para explicar el transporte de energía por radiación. Es una forma de transportar la escala de algunos fenómenos físicos, hecho que parece más concreto, menos abstracto por la cotidianidad de los elementos que aparecen en el símil.

En divulgación de Física Solar.

- Realizar observaciones astronómicas. Esta actividad presenta las siguientes ventajas:
 - La percepción directa es más creíble.
 - La imposibilidad de observar el Sol habitualmente despierta su curiosidad y esto les motiva.
 - Realizando dibujos de las observaciones el alumno retiene mayor número de detalles
 - Contrastar con otros compañeros en una *puesta en común* les ayuda a prestar más atención y por tanto a desarrollar una observación más intencionada con la que enriquecen su percepción. Además se aprende a reconocer algunas ventajas de discutir en grupo y trabajar en equipo.
 - La observación despierta interés por aprender más contenidos relacionados con el Sol y sirve de nexo para ampliar a otros campos de la Astronomía.
- Utilizar material gráfico (póster y fotos del Sol en fotosfera, cromosfera y corona), multimedia y páginas Web como ayuda en las descripciones y

profundización de los contenidos. Son recursos totalmente imprescindibles sin los cuales la divulgación perdería mucho.

- Imaginar escenas en las que algún alumno está en el Sol para comparar acciones imposibles en el Sol con las que el alumnado conoce: pisar, caminar, nadar, respirar, etc. Es una descripción desde un pensamiento concreto, más entendible en sus edades.

Cuadro Didáctico de la Física Solar. Presenta una síntesis de toda la Física necesaria en las respuestas a nuestras seis cuestiones. Consta de 6 columnas que delimitan distintas categorías.

1. Experiencias o ejemplos cotidianos. Ya que son bien conocidos por los niños representan el punto de partida a través del cual se van a desarrollar los conceptos. En el esquema cognitivo los podemos considerar como los *inclusores*.
2. Conceptos, Magnitudes Físicas y Elementos Matemáticos. Son los conceptos más sencillos que vamos a necesitar, lo que hemos llamado contenidos irreducibles. Si se quiere ampliar a niños de edades mayores, o sea tratar con mayor profundidad, es preciso incluir sobre todo conceptos geométricos o bien añadir una columna nueva. En los esquemas cognitivos han operado en general como conceptos irreducibles que han actuado como puentes de enlace (puente cognitivo) entre los inclusores y los conceptos derivados.
3. Constituyentes del Medio Físico. En esta columna figuran la *materia* y la *radiación* como constituyentes del medio físico, es válida tal está para un abanico amplio de temas en Astrofísica y debe incluirse el espacio-tiempo para una panorámica general.
4. Leyes, Ecuaciones y Principios Físicos. Figuran las que hemos necesitado para nuestro tema en particular. En trabajos futuros se puede ampliar con las interacciones nuclear fuerte y débil para un público de mayores edades.
5. Fenómenos Físicos. Están representados los fenómenos que ocurren en el Sol y que necesitamos para dar las respuestas. Aún siendo conceptos derivados existen ejemplos que los ponen de manifiesto, lo cual es consecuencia de que no son fenómenos que ocurren exclusivamente en el Sol. Estos fenómenos son conceptos derivados en nuestros esquemas cognitivos. Para futuros trabajos de ampliación de temas o edades sería una de las columnas que habría que completar más.
6. Preguntas de los niños. Presenta las preguntas estudiadas en este trabajo cambiadas del orden natural que indica sus números de forma que la lectura del cuadro sea más horizontal y con menos cruces.

La tabla no hay que *leerla* exclusivamente en dirección horizontal, sino que es rellenada con flechas que conectan unos temas con otros en función de cada pregunta y del grado de profundidad con que se quiera dar la respuesta.

Experiencias o ejemplos cotidianos	Conceptos, Magnitudes Físicas y Elementos Matemáticos	Constituyentes del Medio Físico	Leyes, Ecuaciones y Principios Físicos	Fenómenos Físicos	Preguntas
<p>Experiencia de distancia "de casa al colegio, a otro pueblo..."</p> <p>Experiencias con fuerzas de contacto (tirar / empujar)</p> <p>Experiencias con fuerzas a distancia (imanes)</p> <p>Experiencia con el peso de los cuerpos</p> <p>Experiencia con masa (paquetes de alimentos, frutas y verduras)</p> <p>Ejemplos de materia en distintos estados (hielo, mar, nubes)</p> <p>Experiencia de cargar eléctricamente materiales (bolígrafo frota jersey)</p> <p>Temperatura atmosférica</p> <p>Cambio de presión al bucear</p> <p>Locas volcánicas pesadas y ligeras</p> <p>Cuerpos opacos / transparentes</p> <p>Calor, tipos de energía</p> <p>bombillas, focos de estadio</p> <p>Ejemplos de ondas (olas del mar, cuerda, música...)</p> <p>Existencia de la luz</p> <p>Ejemplos de distintas radiaciones</p> <p>Experiencias con corriente: pilas y bombillas</p> <p>Experiencias con imanes, brújula</p>	<p>Distancia</p> <p>Sistemas de Referencia</p> <p>Tamaño</p> <p>Formas geométricas</p> <p>Fuerza</p> <p>Campo gravitatorio</p> <p>Peso</p> <p>Masa</p> <p>Carga eléctrica</p> <p>Campo eléctrico</p> <p>Color</p> <p>Temperatura</p> <p>Presión</p> <p>Densidad</p> <p>Opacidad</p> <p>Energía</p> <p>Luminosidad</p> <p>concepto de Onda</p> <p>Corriente eléctrica</p> <p>Campo magnético</p>	<p>CONSTITUTIVOS DE LA MATERIA (Moléculas, átomos, núcleos y electrones)</p> <p>RADIACIÓN TÉRMICA Espectro Electromagnético</p>	<p>Leyes de la INERCIA y la DINÁMICA</p> <p>Ley de la GRAVITACIÓN Universal</p> <p>Interacción ELECTROSTÁTICA</p> <p>Ecuación de EINSTEIN</p> <p>Leyes del ELECTROMAGNETISMO</p>	<p>Equilibrio Mecánico Ejemplos de niños tirando de cuerdas</p> <p>Estados de la materia Ejemplos de cambios de estado para introducir el plasma</p> <p>Fusión de átomos R. TERMONUCLEARES</p> <p>Trasporte de Energía "cuchara caliente, hoguera y caldero de agua hirviendo"</p> <p>Tubos, arcos magnéticos materia atrapada por el campo magnético comparar con las formas producidas en los experimentos con imanes</p>	<p>1. ¿DÓNDE ESTÁ EL SOL?</p> <p>2. ¿QUÉ PROPIEDADES TIENE LA ESTRELLA SOL?</p> <p>3. ¿DE QUÉ ESTÁ HECHO? ¿EN QUÉ ESTADO ESTÁ SU MATERIA? ¿CÓMO ES POR DENTRO?</p> <p>4. ¿POR QUÉ BRILLA EL SOL?</p> <p>5. ¿EL SOL EVOLUCIONA, O SIEMPRE HA SIDO Y SERÁ IGUAL?</p> <p>6. ¿QUÉ DETALLES PODEMOS OBSERVAR EN LA SUPERFICIE DEL SOL?</p>

REFLEXIONES FINALES

- El profesorado de los centros docentes que han realizado tareas divulgativas expresa que estas se hacen necesarias. Existe *un antes y un después* en estos centros para los métodos de enseñanza de la Astronomía.
- La labor de organizar, reflexionar e investigar sobre los contenidos a divulgar y los métodos didácticos a utilizar enriquecen la formación del científico. Conclusiones que he podido extraer de mi propia experiencia.
- Continuar las labores divulgativas *a gran escala* podría traducirse en un aumento de estudiantes de Astrofísica en los próximos años, motivados y con buena formación previa.

PROYECTOS FUTUROS:

- Realizar nuevas campañas de recogida de datos observacionales a través de la puesta en escena de diseños de nuevas actividades. Algunos ejemplos son “seguimiento de la actividad solar durante un curso escolar con grupos en distintos centros conjuntamente”, o “estudios que pongan de manifiesto la eficacia didáctica de un planetario itinerante entre los centros educativos”. Estas actividades son factibles ya que existen muy buenas perspectivas de continuar algunos años desarrollando el programa educativo “Astronomía Didáctica hasta tu aula con el planetario Itinerante” en la isla de Lanzarote, y porque no, en otras islas. Esto supone una estimada riqueza de obtención de datos experimentales.
- Ampliar el estudio incluyendo las otras 6 preguntas que no han figurado en este trabajo.
- Ampliar el rango de edades, que permite aumentar el grado de abstracción, y la formalización del lenguaje
- Generalizar a otros campos de Astronomía.
- Aplicar los resultados para el diseño de una Web interactiva sobre Física Solar.
- Abordar, si es posible, la elaboración de una unidad didáctica dirigida preferentemente a niños de las edades estudiadas en este trabajo, basándonos en las actividades aquí presentadas, que haga uso de los recursos sistematizados en esta memoria.

Referencias

- **Ausubel, D.P. 1982.** *Psicología Educativa, “Un punto de vista cognitivo”* (Trillas, México)
- **B.O.C. del 09 de Abril de 1993.** Decreto 46/1993 por el que se establece el currículo de la Educación Primaria.
- **B.O.C. del 22 de Abril de 2002.** Decreto 51/2002 por el que se establece el currículo de la Enseñanza Secundaria Obligatoria en el ámbito de la Comunidad Autónoma de Canarias.
- **Bachelard D. 1988.** *La formación del espíritu científico*, Siglo XXI, Méjico
- **Bastero Monserrat J.J. 2000.** *Astronomía sin dejar la Tierra*, Octaedro.
- **Baxter J. 1991.** A Constructivist Approach to Astronomy in the National Curriculum. *Physic Education* 26
- **Broman L., Esalella R. y Ros R.M. 1993.** *Experimentos de Astronomía*, Editorial Alhambra,
- **Del Puerto C. 1999.** *Periodismo Científico: La Astronomía en titulares de prensa*, Tesis Doctoral, Instituto de Astrofísica de Canarias.
- **Fernández Durán E. 1992.** Necesidad de una normalización en la terminología física, *X Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Servicio de publicaciones de la Universidad de Castilla-La Mancha
- **Fernández Porredón F. y González Sánchez O. 1999.** *Iniciación a la Astronomía*, Afortunadas, Canarias
- **Feynman R. y Leighton R. 1987.** Física. vol I y II, Addison- Wesley Iberoamericana.
- **Hewson P.W. 1981.** A conceptual change approach to learning science. *European journal of science education*, vol. 3.
- **Hodson, D. 1992.** In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, Vol. 14, N°5.
- **<http://buscon.rae.es/diccionario/cabecera.htm>.** *Diccionario de la Lengua Española*, vigésima segunda edición.
- **http://sunearth.gsfc.nasa.gov/SECEF_SunEarthDay/index.html**
NASA Sun-Earth Education Forum.
- **Kippenhahn R. and Weigert A. 1989.** *Stellar Structure and Evolution*, , Springer-Verlag.
- **Lanciano N. 1989.** Ver y hablar como Tolomeo y pensar como Copérnico, *Enseñanza de las Ciencias* 7 (2).
- **Marín Martínez N. 1997.** *Fundamentos de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Manuales, Servicio de publicaciones Universidad de Almería
- **Marín Martínez N. 2002.** Creencias sobre el conocimiento del alumno, *XX Encuentros*

de *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, La Laguna

- **Marín Martínez N. 2003.** Conocimientos que interaccionan en la enseñanza de las ciencias, *Enseñanza de las Ciencias* 21 (1)
- **Moreno R. y Moreno A. 1996.** *Taller de Astronomía*, Ediciones Akal.
- **Nicolson I.** *El Sol*, Hermann Blume, Progenza
- **Novak, J.D. 1982.** *Teoría y práctica de la educación*, Alianza Universitaria, Madrid.
- **Nussbaum J. & Novak J. D. 1976.** An assessment of children's concepts of the Earth using structured interviews, *Science Education* 60.
- **Nussbaum J. 1985.** La Tierra como cuerpo cósmico, en *Ideas científicas en la Infancia y la Adolescencia*, Morata S.A., Madrid
- **Pasachoff J.M. y Menzel D.H. 1995.** *Guía de campo de las estrellas y los planetas de los hemisferios norte y sur.*, ed. Omega.
- **Pérez Ortiz J. V. 1997.** Reloj de Sol Exacto de Nomon Analemático Orientable, *Tribuna de Astronomía*, nº 136, abril
- **Piaget J. 1973.** *Estudios de Psicología genética*, Emecé, Buenos Aires.
- **Piaget J. 1977.** *Seis estudios de Psicología*, Seix Barral S.A., Barcelona
- **Posner G. J., Strike K. A., Hewson P.W. & Gertzog W. A. 1982.** Accommodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of conceptual change, *Science Education*, vol. 66, Nº 2.
- **Pozo J. I. 1992.** *Psicología de la comprensión y el aprendizaje de las ciencias*, MEC, Madrid
- **Rodríguez Hidalgo I. 1999.** Hablar de Astrofísica a (y con) niños de diez años: una experiencia única. Comunicaciones, pag. 210. *Comunicar la Ciencia en el Siglo XXI, I Congreso sobre Comunicación Social de la Ciencia*, Granada.
- **Sánchez Real J. y Salvat Altes A. 1989.** Didáctica de la terminología científica, *X Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Servicio de publicaciones de la Universidad de Castilla-La Mancha
- **Schoon K. J. 1995.** The origin and extent of alternative conceptions in the Earth and space sciences: a survey of preservice elementary teachers. *Journal of Elementary Science Education*, 7(2).
- **sohowww.nascom.nasa.gov**
SOHO: MDI, EIT, UVCS & LASCO C2-C3 (ESA-NASA,)
- **Stix M. 1991.** *The Sun, An Introduction.*, Springer-Verlag.
- **Tignanelli H. L. 1994.** Sobre la enseñanza de la Astronomía en la escuela primaria, *Didáctica de las Ciencias Naturales. Aportes y reflexiones*, Weissmann H. (comp.), Paidós, Argentina.
- **Vega Navarro A. 2001.** Tenerife tiene seguro de Sol (y de Luna): representaciones del profesorado de primaria acerca del día y la noche, *Enseñanza de las Ciencias* 19 (1).
- **www.lmsal.com** TRACE Lockheed.

Anexos

[Anexo 1:](#) “Cuadernillo de Observación”, de la actividad didáctica *Aprendiendo sobre nuestra estrella amiga, el Sol*.

[Anexo 2:](#) “Ficha de Astronomía en Primaria” del programa educativo *Astronomía Didáctica hasta tu aula con el Planetario Móvil*.

[Anexo 3:](#) “Ficha de Astronomía en secundaria” del programa educativo *Astronomía Didáctica hasta tu aula con el Planetario Móvil*.