



Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia

**Revista Latinoamericana de Educación en Astronomía
Latin-American Journal of Astronomy Education**

n. 1, 2004

ISSN 1806-7573



EDITORIAL

É com satisfação que colocamos à disposição de todos, em particular dos interessados em ensino, história e divulgação de Astronomia, o primeiro número da *Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia* (RELEA).

A educação científica tem recebido crescente atenção devido à presença de princípios tecno-científicos em nossas vidas e à formação deficiente das pessoas nesses assuntos, aquém da necessária para o exercício da cidadania. Isto tem causado preocupação entre educadores e pesquisadores das ciências e desencadeado muitas iniciativas para tentar melhorar a situação.

O desafio atual, contudo, é reverter o quadro de analfabetismo científico sem cometer-se o erro, há muito presente nessa área da educação, de fragmentar e hierarquizar os vários domínios da ciência e de apartar as áreas humanas das ciências exatas e naturais. A educação científica que faz falta é aquela que contemple uma formação essencial também nas áreas de humanidades, propiciando uma reintegração entre as culturas humanística e científica.

Inspirados por esses motivos e baseados em suas experiências de muitos anos voltados para o ensino e divulgação da Astronomia nos mais diversos contextos, um grupo de profissionais decidiu criar a RELEA.

Outro fator que colaborou nesta iniciativa foi a existência de um esforço internacional relacionado à Educação em Astronomia. Há, em vários continentes, sociedades e publicações que tratam especificamente do assunto. Até o momento, contudo, não havia nenhuma publicação específica nessa área que reunisse experiências e propostas dos países da América Latina. Assim, somamos esforços para preencher essa séria lacuna, os quais culminaram com a criação da RELEA no segundo semestre de 2003, cujo primeiro número é agora lançado.

Dessa forma, esta Revista pretende ser um espaço para publicação de trabalhos de educação em Astronomia e mostrar principalmente, mas não exclusivamente, a produção dos países da América Latina na área. Ela visa um público de educadores e pesquisadores que se interessam pelo ensino de Astronomia, professores de todos os níveis e interessados de modo geral. E visa também fomentar o desenvolvimento de pesquisas na área de Educação em Astronomia, que são ainda muito incipientes no Brasil e nos países latino-americanos em geral.

A RELEA não representa, nem possui qualquer vínculo ou relação, explícita ou implícita, com nenhuma sociedade científica ou de educação. Os conteúdos e gerenciamento da RELEA, portanto, são de responsabilidade exclusiva de seus Editores e Corpo Editorial.

Ela é uma revista eletrônica e gerenciada tecnicamente pela equipe do Instituto Superior de Ciências Aplicadas (ISCA), com sede na cidade de Limeira (São Paulo, Brasil). Ela pode ser impressa e copiada para distribuição a todos os interessados, desde que para fins educacionais, sem finalidade lucrativa e mencionando a fonte. A RELEA é indexada e os artigos publicados são arbitrados conforme procedimentos internacionais.

Neste primeiro número são publicados cinco artigos sobre temáticas variadas.

No artigo *La enseñanza/aprendizaje del modelo Sol-Tierra. Análisis de la situación actual y propuesta de mejora para los futuros profesores de primaria*, o autor apresenta um resumo de sua tese de doutorado, defendida na Espanha. O enfoque utilizado estabelece uma relação entre a investigação sobre as idéias, raciocínios e obstáculos dos professores e o plano de ensino do modelo Sol-Terra, que permite explicar o ciclo dia/noite e as estações.

Uma experiência de ensino-aprendizagem em um tema relevante e sempre atual no Ensino da Astronomia é discutida no artigo *Física e arte nas estações do ano*. Nele, as autoras contam sua prática em abordar conhecimentos científicos através de concepções artísticas como ponto de partida e motivação, relatando os resultados de uma atividade de difusão ocorrida no Museu de Astronomia e Ciências Afins, no Rio de Janeiro (Brasil). Além disso, elas apresentam resultados de estudos relativos às concepções de estudantes e professores sobre o assunto.

Em *Learning from attitudes*, o autor aborda três episódios ocorridos quando trabalhou na Holanda, em seu projeto de doutorado, nos quais as posições do Prof. Hugo van Woerden, coordenador do Kapteyn Laboratory, são colocadas em foco.

No artigo *Radioastronomía: una mirada más amplia*, são expostos, de forma simples, os princípios básicos da Radioastronomia, com informações pertinentes para posterior exploração em sala de aula.

Finalmente, o artigo *O universo das sociedades numa perspectiva relativa: Exercícios de etnoastronomia*, discute uma experiência de divulgação científica desenvolvida pelos autores junto ao Planetário do Pará (Belém, Brasil). Eles relatam oficinas que promovem a popularização da Etnoastronomia, difundindo valores pautados na tolerância à diversidade cultural e na necessidade da convivência harmônica entre o ser humano e o meio ambiente. São mostradas diversas concepções de origem do Universo e algumas constelações criadas no decorrer da História, em particular algumas de culturas indígenas brasileiras.

Gostaríamos ainda de registrar que a RELEA apoiou o evento *Santa Clara 2004 - I International Workshop on Gravitation and Cosmology*, realizado entre os dias 31 de maio e 3 de junho deste ano, na *Universidad Central de Las Villas*, Santa Clara, Cuba, através da participação de um dos seus Editores (J.E.H.) no Comitê Organizador do *Workshop*.

Os participantes locais, com notável dedicação, conseguiram realizar um evento internacional inédito, que contou com a presença de numerosos especialistas estrangeiros, totalizando cerca de 50 pessoas. O número só não foi maior devido às notórias dificuldades criadas pelos serviços de Relações Exteriores de alguns países para a emissão de documentação de viagem, situação sempre justificada pela existência de uma conjuntura internacional desfavorável. Os Organizadores e participantes, em bloco, teriam preferido outra atitude, com desfecho mais positivo.

Em consonância com os nossos objetivos culturais, sociais e educacionais, nosso apoio às atividades do *Workshop*, as quais vêm crescendo de forma significativa, tanto em Cuba quanto em outros países, contribuiu para o sucesso do mesmo.

Pedimos a colaboração em divulgar o lançamento desta Revista a quem possa interessar e convidamos a todos a nos enviarem seus trabalhos na área. Mais informações sobre a RELEA e instruções para autores podem ser encontrados no endereço:

www.iscafaculdades.com.br/relea. Os artigos poderão ser redigidos em português, castelhano ou inglês.

Nossos agradecimentos à direção e funcionários do ISCA, aos autores dos artigos, aos árbitros e a todos aqueles que, direta ou indiretamente, nos auxiliaram na concretização desta iniciativa e, em particular, na elaboração deste primeiro número da RELEA.

Editores

Paulo S. Bretones

Luiz C. Jafelice

Jorge E. Horvath

A BRIEF HISTORICAL MOTIVATION

We are pleased to launch for the general public, in particular those with interests in teaching, history and outreach of Astronomy, the first issue of the *Latin-American Journal of Astronomy Education* (RELEA).

Scientific education has received growing attention due to the presence of scientific and technical elements in our lives, and a less-than-satisfactory knowledge basis of people in these matters, certainly less than necessary for a proper exercise of citizenship.

This situation has caused a lot of concern among educators and scientific researchers, and triggered several initiatives to try to improve the situation.

Today's challenge is to begin to revert this situation of scientific illiteracy, albeit without committing the mistake, longly present in that educational sector, of atomizing and elitizing the several domains of science and take apart the humanities from exact and natural sciences. The scientific education that is lacking is the one that admits a basic essential education in humanistic disciplines, thus favoring a reapproach of scientific and humanistic cultures.

Inspired by these facts and based on their own experiences of several years devoted to the teaching and popularization of astronomy in various levels, a group of professional astronomers has decided to create the RELEA.

Other factors that have contributed to launch this new Journal include the existence of an international effort related to Astronomy Education. There exist in several continents associations and related publications specifically dealing with these matters. However, there are no specific publications in this area which merge the experiences and proposals from Latin-American countries. Thus, we had to join efforts to fulfill this gap, which resulted in the creation of the RELEA in the second semester of 2003, with its first issue now launched.

Thus, the Journal will be a forum for the publication of papers in Astronomy Education, and will show mainly, but not exclusively, the work of latin-american countries in this area. The Journal target is a readership of educators and researchers interested in Astronomy Education, teachers of all levels and interested people in general. It also pretends to boost the development of research in Astronomy Education, which are still scarce in Brazil and latin-american countries in general.

The RELEA does not represent and does not have any link or relationship, either explicit or implicit, with any scientific or educational society. The contents and management of the RELEA are therefore an exclusive responsibility of the Editors and Editorial Board.

The RELEA is an electronic journal produced and managed technically by the staff of the Instituto Superior de Ciências Aplicadas (ISCA), located in the city of Limeira (São Paulo, Brazil). The contents of the RELEA may be printed and reproduced for distribution to all interested persons, given that this procedure is intended for educational purposes only, does not imply any profit and the source is properly acknowledged. The RELEA is indexed and the published articles are refereed according to internationally accepted procedures.

In this first issue five articles are published on a variety of topics.

In the article *La enseñanza/aprendizaje del modelo Sol-Tierra. Análisis de la situación actual y propuesta de mejora para los futuros profesores de primaria*, the author

presents a briefing of his Ph.D. Thesis worked out in Spain. The focus is on the relationship between the research of ideas, reasoning and difficulties of future teachers and the learning approach to the Sun-Earth model, which permits an explanation of the day-night and seasons.

A teaching-learning experience on a relevant and always timely topic in Astronomy Education is discussed in the article *Física e arte nas estações do ano*. In this work the authors describe their practice of approaching the scientific knowledge through artistic concepts as a starting point for motivation, reporting the results of a outreach activity executed at the Museu de Astronomia e Ciências Afins, Rio de Janeiro (Brazil). Besides of this, they present results of comparative studies of the concepts of students and teachers on this matter.

In *Learning from attitudes*, the author presents three situations occurred when in Holland, working on his Ph.D. Thesis, in which the attitudes of Prof. Hugo van Woerden, coordinator of the Kapteyn Laboratory, are focused.

In the article *Radioastronomía: una mirada más amplia*, the basic principles of Radio Astronomy are exposed in a simple way, with relevant observations and information for further use in the classroom.

Finally, the article *O universo das sociedades numa perspectiva relativa: Exercícios de etnoastronomia*, discusses an experiment on scientific outreach developed by the authors in the Planetário do Pará (Belém, Brazil). The report on workshops promoting the popularization of Ethnoastronomy, spreading out values punctuated by tolerance and cultural diversity and the need of harmonic relationship between human beings and the environment. Several ideas about the origin of the Universe are shown, and also some constellations created along history, particularly some by brazilian indigenous cultures.

We would like to stress that the RELEA supported the event *Santa Clara 2004 - I International Workshop on Gravitation and Cosmology*, held from May 31st until June 3rd, 2004, at the *Universidad Central de Las Villas*, Santa Clara, Cuba, through the participation of one of the Editors (J.E.H.) in the Organizing Committee.

Local participants succeeded in making an international event attended by several foreign specialists, totalizing about 50 people. This number could not be higher because of considerable difficulties posed by the Foreign Affairs services of some countries to issue travel documentation, a procedure always justified by the existence of a difficult international situation. The Organizers and participants alike would have preferred another attitude, with a more favorable outcome.

According to our cultural, social and educational scope, our support to the activities of that *Workshop*, which have been growing significantly in Cuba and other countries, contributed substantially to its success.

We would like to ask your help to announce the launch of this journal to whom it may concern, and invite everybody to submit their papers on the covered subjects. More information about the RELEA can be found at the link : www.iscafaculdades.com.br/relea. The articles may be written in Portuguese, Spanish or English.

Our acknowledges to the Director and staff of the ISCA, the authors of the articles, the referees and all those whom, directly or indirectly, have helped us to materialize this initiative, in particular with the production and edition of this first issue.

Editors

Paulo S. Bretones

Luiz C. Jafelice

Jorge E. Horvath

EDITORIAL

Con gran satisfacción colocamos a disposición de todos, en particular de los interesados en la enseñanza, historia y divulgación de la Astronomía, el primer número de la *Revista Latinoamericana de Educación en Astronomía* (RELEA).

La educación científica ha recibido una creciente atención debido a la presencia de principios científicos y tecnológicos en nuestras vidas y a la formación deficiente de las personas en estos asuntos, por cierto menor que la necesaria para el ejercicio de la ciudadanía. Este cuadro ha causado mucha preocupación entre educadores e investigadores en ciencias, y desencadenado varias iniciativas con el propósito de intentar mejorar la situación.

El desafío actual es el de emprender la reversión de este cuadro de analfabetismo científico sin cometer el error, presente hace bastante tiempo en esa área de la educación, de fragmentar y elitizar los variados dominios de la ciencia y apartar las áreas humanas de las ciencias exactas y naturales. La educación científica que precisamos es aquella que contempla la formación básica también en las ciencias humanas, y que favorezca una reintegración entre las culturas humanística y científica.

Inspirados por estas razones y basados en sus experiencias de varios años volcados para la enseñanza y divulgación de la Astronomía, en sus más variados niveles, un grupo de profesionales decidió crear la presente *Revista Latinoamericana de Educación en Astronomía* (RELEA).

Otro factor que contribuyó para esta iniciativa fué la existencia de un esfuerzo internacional direccionado a la Educación en Astronomía. Existen en varios continentes, sociedades y publicaciones que tratan específicamente de este asunto. Apesar de esto, no había hasta ahora ninguna publicación específica en esta área que reuniese las experiencias y propuestas de los países de la América Latina. De esta forma, sumamos esfuerzos para llenar esta laguna, los cuales culminaron con la creación de la RELEA en el segundo semestre de 2003 y cuyo primer número ahora lanzamos.

De este modo, la revista pretende ser un espacio para la publicación de trabajos de educación en Astronomía y mostrar principalmente, pero no exclusivamente, la producción de los países de América Latina en esta área. La revista estará dirigida a un público formado por educadores e investigadores que se interesan por la enseñanza de la astronomía, profesores de todos los niveles y público interesado de modo general. También pretende fomentar el desarrollo de investigaciones en el área de Educación en Astronomía, las cuales son todavía incipientes en Brasil y en los países latinoamericanos en general.

La RELEA no representa ni posee ningún vínculo o relación, explícita o implícita, con ninguna sociedad científica o educacional. Los contenidos y el gerenciamiento de la RELEA son por lo tanto de responsabilidad exclusiva de sus Editores y Cuerpo Editorial.

La RELEA adopta el formato electrónico y es producida técnicamente por el equipo del Instituto Superior de Ciências Aplicadas (ISCA), con sede en la ciudad de Limeira (São Paulo, Brasil). Los contenidos de la RELEA pueden ser impresos y copiados para distribución entre los interesados, siempre y cuando sea para fines educacionales, sin fines lucrativos y mencionando las fuentes. La RELEA es una publicación indexada y los artículos publicados arbitrados siguiendo procedimientos internacionales.

En este primer número son publicados cinco artículos sobre temas variados.

En el artículo *La enseñanza/aprendizaje del modelo Sol-Tierra. Análisis de la situación actual y propuesta de mejora para los futuros profesores de primaria*, el autor presenta un resumen de su Tesis de Doctorado, realizada en España. El enfoque utilizado establece una relación entre la investigación respecto de las ideas, razonamientos y dificultades de los maestros y el plano de enseñanza del modelo Sol-Tierra que permite explicar el ciclo día/noche y las estaciones.

Una experiencia de enseñanza-aprendizaje en un tema relevante y siempre actual en la enseñanza de la Astronomía es discutida en el artículo *Física e arte nas estações do ano*. En él, las autoras describen sus prácticas para abordar conocimientos científicos a través de concepciones artísticas como punto de partida y motivación, relatando los resultados de una actividad de extensión desarrollada en el Museu de Astronomia e Ciências Afins, Rio de Janeiro (Brasil). Además, presentan resultados de estudios relativos a las concepciones de estudiantes y maestros sobre el mismo asunto.

En *Learning from attitudes*, el autor aborda tres episodios ocurridos en cuanto trabajaba en Holanda en su proyecto de Doctorado, en los cuales las posiciones del Prof. Hugo van Woerden, coordinador del Kapteyn Laboratory, son colocadas en foco.

En el artículo *Radioastronomía: una mirada más amplia*, se exponen de forma simple los principios básicos de la Radioastronomía, con informaciones pertinentes para explorar posteriormente el tema en clase.

Finalmente, el artículo *O universo das sociedades numa perspectiva relativa: Exercícios de etnoastronomia* discute una experiencia de divulgación científica desarrollada por los autores en el Planetário do Pará (Belém, Brasil). Los autores relatan la realización de talleres que promueven la popularización de la Etnoastronomía, difundiendo valores basados en la tolerancia y la diversidad cultural y en la necesidad de convivencia en armonía entre el ser humano y el medio ambiente. Son mostradas diversas concepciones del origen del Universo y algunas constelaciones creadas a lo largo de la Historia, en particular algunas de culturas indígenas brasileiras.

Nos gustaría registrar que la RELEA apoyó el evento *Santa Clara 2004 - I International Workshop on Gravitation and Cosmology*, realizado entre los días 31 de mayo al 3 de junio de este año en la *Universidad Central de Las Villas*, Santa Clara, Cuba, a través de la participación de uno de sus Editores (J.E.H.) en el Comité Organizador del *Workshop*.

Los participantes cubanos, con notable dedicación, consiguieron realizar un evento internacional inédito, que conto con la presencia de numerosos especialistas extranjeros, totalizando cerca de 50 personas. Este número no pudo ser mayor debido a las notorias dificultades creadas por los servicios de Relaciones Exteriores de algunos países para la emisión de documentos de viaje, situación siempre justificada por la existencia de una conyuntura internacional desfavorable. Los Organizadores y participantes, en conjunto, hubieran preferido otra actitud, con un desenlace más positivo.

En consonancia con nuestros objetivos culturales, sociales e educacionales, el apoyo a las actividades del *Workshop*, las cuales vienen creciendo de forma significativa tanto en Cuba como en otros países, contribuyó para el éxito del mismo.

Pedimos colaboración para divulgar el lanzamiento de esta Revista a quién pueda interesar, e invitamos a todos a enviarnos sus trabajos en el área. Más informaciones sobre la RELEA e instrucciones para los autores pueden ser encontradas en : www.iscafaculdades.com.br/relea. Los artículos podrán ser redactados en portugués, castellano o inglés.

Nuestros agradecimientos a la dirección y personal del ISCA, a los autores de los artículos, a los árbitros y a todos aquellos que, directa o indirectamente, nos ayudaron en la concretización de esta iniciativa y, en particular, en la elaboración de este primer número de la RELEA.

Los Editores
Paulo S. Bretones
Luiz C. Jafelice
Jorge E. Horvath

SUMÁRIO

1. LA ENSEÑANZA/APRENDIZAJE DEL MODELO SOL-TIERRA. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LOS FUTUROS PROFESORES DE PRIMARIA

Bernat Martínez Sebastià 7

2. FÍSICA E ARTE NAS ESTAÇÕES DO ANO

G. Queiroz / M. C. Barbosa Lima / M. das M. Vasconcellos 33

3. LEARNING FROM ATTITUDES

Domingos S.L. Soares 55

4. RADIOASTRONOMÍA: UNA MIRADA MÁS AMPLIA

Viviana Bianchi 61

5. O UNIVERSO DAS SOCIEDADES NUMA PERSPECTIVA RELATIVA: EXERCÍCIOS DE ETNOASTRONOMIA

Érika A. Fares / Karla P. Martins / Lidiane M. Araujo / Michel Sauma Filho 77

LA ENSEÑANZA/APRENDIZAJE DEL MODELO SOL-TIERRA: ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA DE MEJORA PARA LA FORMACIÓN DE LOS FUTUROS PROFESORES DE PRIMARIA

Bernat Martínez Sebastià¹

Resumen: El trabajo que presentamos es un resumen extenso de la tesis doctoral del autor. El enfoque utilizado ha sido tratar de ligar la investigación sobre las ideas, razonamientos y obstáculos de los profesores de primaria con la planificación de la enseñanza del modelo Sol-Tierra que permite explicar el ciclo día/noche y las estaciones. En primer lugar, se ha procedido a realizar un análisis crítico de los resultados que se obtienen en el aprendizaje de los contenidos astronómicos en la enseñanza habitual. En segundo lugar se ha diseñado un curriculum potencialmente superior de esta situación desde una orientación que concibe la enseñanza y el aprendizaje como un proceso de construcción de conocimientos en una estructura problematizada. Finalmente, esta secuencia didáctica ha sido experimentada con diferentes grupos de estudiantes de magisterio, mostrando una mejora relevante en la comprensión de los conceptos astronómicos fundamentales.

Palabras clave: Astronomía, enseñanza, aprendizaje observación, modelo.

Abstract: *This work is an extended summary of the author's PhD thesis. It deals with the teaching of astronomy (day/night, seasons) in primary school. At first, students teachers' understanding of astronomical concepts related to Sun-Earth system have been analysed. Taking into account the results of the previous analysis and using a socio-constructivist approach a teaching sequence has been designed. This sequence has been tested with different groups of students teachers showing an improvement in their understanding of elementary astronomical concepts.*

Keywords: *astronomy; teaching; learning; observation; model*

1. Introducción

Los modelos son una parte integral de la forma de pensar y trabajar de los científicos, por lo que forman parte de los productos de la ciencia y de la metodología científica. Desde el punto de vista de la didáctica de las ciencias, son considerados como una de las herramientas más importante de enseñanza y aprendizaje (Harrison y Treagust, 2000). De hecho, la comunidad de investigadores en educación científica está evidenciando durante los últimos años un creciente interés por el tratamiento de los modelos en las clases de ciencias; una muestra de ello es la edición (en septiembre de 2000) de un número del *International Journal of Science Education* especialmente dedicado a los modelos como base para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. En dicha publicación, Clement (2000) establece una distinción entre los modelos aprendidos de forma repetitiva y aquellos aprendidos de manera que pueden ser utilizados de forma funcional para explicar un

¹CEFIRE (Centro de Formación, Innovación y Recursos Educativos) de Benidorm. Alicante (España). – e-mail: cabernat@teletel.es

conjunto de fenómenos y hacer predicciones sobre nuevos fenómenos. En este contexto, consideramos relevante una investigación centrada sobre la enseñanza/aprendizaje del modelo Sol-Tierra que permite explicar el ciclo día/noche y las estaciones del año, ya que:

- La comprensión del modelo Sol-Tierra es considerada parte de la cultura científica que todo ciudadano debería poseer como resultado de su paso por el sistema educativo (Millar y Osborne, 1998; Gil et al, 1998).
- En consonancia con esta pretensión, los contenidos relativos al tema forman parte de los “mínimos” o “standards”, desde el inicio de la etapa primaria hasta el final de la obligatoriedad, en todos los países occidentales (por ejemplo; National Research Council, 1996; Government’s Department Education, 2003, MEC, 2003).
- Por ser uno de los temas tratados más tempranamente, puede influir notablemente en la creación de una imagen ajustada de la naturaleza de la ciencia, así como en el fomento de actitudes positivas hacia la ciencia y su aprendizaje (Pozo y Gómez Crespo, 1998).
- Dado que es enseñado por una gran parte del profesorado de primaria y enseñanza obligatoria, puede ser especialmente adecuado para mejorar su pensamiento didáctico (García Barros et al, 1996; Navarrete, 1998; Martínez Torregrosa, Martínez Sebastià y Gil, 2003).

Sin embargo, en aparente contradicción con la importancia otorgada a este tema por los investigadores y los diseños curriculares oficiales, los estudiantes tienen enormes dificultades para utilizar con comprensión el modelo Sol-Tierra en la explicación de los fenómenos astronómicos elementales, como se manifiesta en un gran número de estudios.

Conscientes de esta problemática, nuestro trabajo pretende aportar nuevos datos al estudio de la enseñanza/aprendizaje de los modelos científicos. Concretamente, este trabajo quiere profundizar en el análisis de la situación de la enseñanza (presentación didáctica en los libros de texto y forma en que los profesores lo enseñan en el aula) y aprendizaje (dificultades de los estudiantes) del modelo Sol-Tierra en la educación secundaria. Para, a continuación, intentar encontrar propuestas alternativas para actualizar la formación de los profesores sobre este tema y así contribuir a mejorar la alfabetización científica de todos los ciudadanos. El planteamiento del trabajo trata pues de ser integrador, ya que se liga la investigación sobre las ideas, razonamientos y obstáculos de aprendizaje del alumnado con la innovación y planificación de la enseñanza.

2. Estado de la cuestión y planteamiento del problema

En las dos últimas décadas, se ha realizado un gran número de investigaciones que muestran que las alumnas y alumnos encuentran serias dificultades de aprendizaje en la comprensión del modelo Sol-Tierra. Algunos de estos trabajos se han dedicado a analizar las ideas de los estudiantes sobre la forma de la Tierra (Nussbaum, 1979; Baxter, 1989;

Sharp, 1996; Sneider y Ohadi, 1998). Otros trabajos han investigado los modelos de los estudiantes sobre los fenómenos astronómicos elementales como el ciclo día/noche y las estaciones (Schoon, 1992; Lightman y Sadler, 1993; De Manuel, 1995; Martínez Sebastià, 1998; Galili y Lavrik, 1998). Paralelamente, desde el campo de la psicología cognitiva, Vousniadou y Brewer (1992, 1994) han mostrado que los estudiantes utilizan unos modelos alternativos (*synthetic models*) sobre la forma de la Tierra y el ciclo día/noche, que surgen al tratar de reconciliar la información recibida en la escuela con sus ideas espontáneas.

Además, en otras investigaciones se señala que la pervivencia de las concepciones alternativas sobre el modelo del sistema Sol-Tierra se prolonga más allá de la escuela secundaria, afectando también a estudiantes de magisterio y profesores de primaria. Así, algunos autores (Summers y Mant, 1995; Camino, 1995; Atwood & Atwood, 1995, 1996; Navarrete, 1998) describen las ideas de los profesores de primaria (en formación y activo) sobre los modelos astronómicos, señalando la existencia de similitudes entre dichos modelos y los que proponen los alumnos.

Frente a este panorama se han intentado diversas alternativas consistentes en dedicar más tiempo y esfuerzos a la enseñanza de la Astronomía, basadas en la idea de que es particularmente difícil a nivel conceptual, así como en actualizar los conocimientos de los profesores sobre estos temas (García Barros et al, 1996; Lanciano, 1996; Parker y Heywood, 1998). El análisis de esta situación nos ha llevado a las siguientes apreciaciones:

- Los estudios mencionados son pocos en comparación con la abundante bibliografía que existe en otras áreas de investigación, como por ejemplo en los modelos sobre la estructura de la materia donde los estudiantes también han de establecer una correspondencia entre un conjunto de fenómenos y un modelo teórico.

- Se ha prestado muy poca atención al conocimiento observacional de los alumnos y a su interrelación con los modelos que estos proponen. Como señalan algunos autores (Albanese et al, 1997), el conocimiento de las regularidades astronómicas es una pieza fundamental en el proceso de construcción y validación de los modelos astronómicos, ya que ¿cómo se puede justificar el modelo Sol-Tierra si se desconocen las regularidades que deben ser explicadas?

- Por último, también hemos detectado una falta de investigaciones que ayuden a definir las condiciones en las que se debe desarrollar una enseñanza de los conceptos astronómicos que facilite que el alumnado construya y maneje unos modelos acordes con los modelos científicos. En este sentido, la influencia de la visualización y razonamiento espacial en la construcción de los modelos astronómicos es reconocida en diversos trabajos (Mathewson,1999)

Teniendo en cuenta estas consideraciones surge la necesidad de realizar estudios que faciliten el cambio de la enseñanza habitual de los modelos astronómicos, muy poco eficaz,

por una nueva enseñanza que favorezca que los estudiantes se apropien del modelo científico. Así pues, las cuestiones que hemos abordado en este estudio son:

1. ¿Qué sería necesario para aprender con comprensión un modelo Sol-Tierra adecuado para explicar y predecir las observaciones sobre el movimiento del Sol?
2. ¿En qué medida en la enseñanza habitual se suministran oportunidades adecuadas para que dicho aprendizaje sea posible? ¿Qué carencias presenta la enseñanza habitual de este tema?
3. ¿Podemos planificar y desarrollar una instrucción que supere las deficiencias detectadas? ¿En qué medida se consigue el aprendizaje con comprensión que pretendemos? ¿Qué opinión tienen los profesores sobre esta alternativa?

Señalemos que la diversidad de aspectos implicados en la investigación (ideas de los alumnos, análisis de la enseñanza, innovación educativa, opiniones del profesorado,...) nos ha llevado a considerar dos referentes teóricos. Por una parte, hemos fundamentado nuestro trabajo en los resultados de la investigación didáctica sobre las causas que dificultan el aprendizaje de las ciencias. Concretamente en los estudios realizados sobre: las concepciones alternativas de los alumnos, sus pautas y estrategias de razonamiento, sus concepciones epistemológicas y sus estrategias metacognitivas (Campanario y Otero, 2000). Por otra parte, la innovación didáctica que presentamos se sitúa dentro de lo que se conoce como modelo de enseñanza/aprendizaje por investigación o por resolución de problemas (Gil, 1993; National Research Council, 1996, Cañal, 1999), en el que se concibe el aprendizaje como un proceso de evolución y cambio conceptual y metodológico.

3. El desarrollo de la Astronomía como Ciencia: indicadores de una buena comprensión del modelo Sol-Tierra

Es un hecho reconocido que el estudio de la Historia y la Filosofía de la Ciencia puede desempeñar un papel de gran importancia en relación a la enseñanza de las ciencias (Matthews, 1994; Duschl, 2000). Desde esta perspectiva se ha realizado un estudio histórico-epistemológico con intencionalidad didáctica con un objetivo doble. Por una parte, se ha pretendido extraer información sobre las posibles dificultades de comprensión de los alumnos, a partir de las resistencias y obstáculos que se manifestaron a lo largo de la historia. Por otra parte, se ha intentado establecer, mediante un proceso de transposición didáctica, la selección, presentación y secuenciación del contenido que se ha de enseñar y aprender en la escuela (la ciencia escolar).

Así, se ha realizado una profunda revisión de la evolución histórico-epistemológica del modelo Sol-Tierra, considerando como núcleo conceptual la interconexión entre los datos observacionales disponibles en cada momento histórico y la elaboración de modelos teóricos (Hanson, 1978; Kuhn, 1981; Pérez Sedeño, 1986; Gapillard, 1993). Como resultado de este estudio se han identificado los obstáculos de aprendizaje y los indicadores

de una comprensión del modelo Sol-Tierra asumible por los alumnos de secundaria. Estos indicadores se han organizado según las dos dimensiones siguientes:

- Dimensión fenomenológica, que se manifiesta por un conocimiento de las regularidades en el movimiento observable del Sol: qué aspectos se pueden observar (duración del día, posición de salida y puesta, altura angular máxima), cómo observarlos y medirlos, reconocimiento de la existencia de días singulares (equinoccios y solsticios) y de las simetrías estacionales (desde un punto de vista astronómico, primavera y verano son simétricas, es decir, para cada día de verano hay uno de primavera con igual duración del día).
- Dimensión de modelización, que se manifiesta por la capacidad de utilizar las hipótesis básicas del modelo (la Tierra gira alrededor de su eje, siempre paralelo a sí mismo, y alrededor del Sol en una órbita prácticamente circular) para explicar las observaciones conocidas (saber justificar el ciclo día/noche y las estaciones) y para predecir nuevas observaciones (saber qué ocurre en otras latitudes).

4. Análisis de la situación actual de la enseñanza/aprendizaje del modelo Sol-Tierra

4.1. Primera hipótesis y consecuencias contrastables

Equipados con el bagaje teórico obtenido del estudio histórico-epistemológico se ha procedido al análisis crítico del aprendizaje logrado por los alumnos y de la enseñanza que se imparte, y que tiene como protagonistas principales al profesorado y a los libros de texto. Así, se ha formulado una primera hipótesis que está relacionada con los resultados que se obtienen en el aprendizaje de los contenidos astronómicos en la enseñanza habitual.

Hipótesis 1: Los alumnos que acaban los estudios de secundaria carecen del conocimiento de aspectos imprescindibles para una comprensión y uso funcional del modelo Sol-Tierra y la enseñanza habitual no presta atención a dichos aspectos.

Es necesario advertir que no queremos decir que todas las dificultades para aprender provengan de la enseñanza y que desaparecerían con una instrucción adecuada. Precisamente uno de los resultados del estudio histórico-epistemológico realizado es que no es fácil llegar a apropiarse de un modelo Sol-Tierra. No obstante, lo que queremos someter a prueba es que las dificultades lógicas e inherentes a este aprendizaje se ven agravadas por las deficiencias y carencias de la enseñanza habitual. Para someter a prueba dicha hipótesis de forma operativa se han derivado un conjunto de consecuencias contrastables, organizadas según las dos dimensiones de una adecuada comprensión del modelo Sol-Tierra, que se presentan en el cuadro siguiente:

Una adecuada comprensión del modelo supondría...	Consecuencias contrastables : Sin embargo.....
Conocer las regularidades observacionales, lo que implica: A. Reconocer los aspectos del movimiento del Sol que se pueden observar (Duración del día, salida/puesta y altura máxima del Sol). B. Conocer la existencia de días singulares (equinoccios/ solsticios) y las simetrías en torno ellos C. Distinguir los aspectos observacionales de los del modelo	Los estudiantes A. No poseen los suficientes conocimientos observacionales para determinar la estación en que se encuentran B. Desconocen las regularidades y simetrías del movimiento del Sol en torno a días especiales a lo largo del año C. No distinguen entre las observaciones y el modelo
	Los libros de texto y profesores A. Presentan de forma aproblemática el modelo Sol-Tierra, sin haber presentado previamente los aspectos observacionales. B. No prestan atención a la adquisición del conocimiento empírico observacional sobre el que construir el modelo C. No hacen, siquiera, referencia a la naturaleza tentativa del modelo Sol-Tierra
Poder “hacer funcionar” el modelo, lo que implica: D. Conocer las hipótesis básicas del modelo E. Manejarlas de forma operativa para explicar las observaciones conocidas y realizar predicciones. F. Conocer la existencia de distintos modelos alternativos	Los estudiantes D. Poseen ideas alternativas sobre el modelo E. Tienen dificultades para explicar las observaciones elementales (hacer funcionar el modelo).
	Los libros de texto y profesores D. Ignoran o favorecen las posibles ideas espontáneas erróneas de los estudiantes, incluso, las fomentan E. No incluyen actividades para que los alumnos hagan funcionar el modelo F. No prestan, siquiera, atención al desarrollo histórico del modelo

Tabla 1. Consecuencias contrastables de la primera hipótesis y su relación con los indicadores de comprensión del modelo

4.2. Diseño experimental

4.2.1. Muestras

Puesto que nuestra hipótesis pretende comprobar el conocimiento del modelo Sol-Tierra al finalizar la enseñanza secundaria, decidimos elegir las muestras entre los estudiantes de Magisterio. El motivo de esta elección es que el estudiante de Magisterio puede considerarse como el prototipo del universitario medio: su procedencia es tanto de la opción de letras como de ciencias y además la nota requerida para el ingreso es también media (alrededor del 6.50). Por otra parte, los estudiantes de Magisterio, futuros profesores

de Primaria, serán los encargados de iniciar a los estudiantes en sus primeros pasos en la comprensión de modelo Sol-Tierra. Así, la muestra elegida consta de un total de 194 alumnos de primer y segundo curso de Magisterio, divididos en dos grupos.

- Grupo A: formado por alumnos de primer curso (N=79) de la Escuela Universitaria de Formación del Profesorado de la Universidad de Alicante (curso 98-99). Dichos alumnos cursaban una asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales que incluía un tema de Astronomía y se les administraron los cuestionarios en una actividad de clase de detección de ideas previas.

- Grupo B: formado por alumnos de primero y segundo (N=115) de la Escuela Universitaria de Formación del Profesorado de la Universidad de Alicante (curso 99-00), también de la asignatura de Didáctica de las Ciencias Experimentales. A dichos alumnos se les administraron los cuestionarios una semana después de haber realizado individualmente y entregado por escrito al profesor de la asignatura un trabajo bibliográfico sobre cómo enseñarían “las estaciones del año y el movimiento del Sol y la Tierra a sus futuros alumnos”. Los libros utilizados en la realización del trabajo fueron libros de texto de Primaria y Secundaria y enciclopedias (en papel o en formato electrónico), es decir, las mismas fuentes a las que un profesor en activo de Primaria podría recurrir.

La razón de escoger estas muestras distintas es que queríamos diferenciar los resultados achacables al mero olvido -al analizar y comparar las respuestas de estudiantes que habían y que no habían revisado los conocimientos sobre dicho tema- y acercarnos lo más posible a lo que los estudiantes podrían hacer cuando enseñaran a sus futuros alumnos utilizando los recursos habituales de un profesor de Primaria.

En cuanto a las muestras utilizadas para el análisis crítico de la enseñanza habitual, estas se refieren tanto a libros de texto (organización y secuenciación de los contenidos astronómicos), como al profesorado (estrategias de enseñanza utilizadas para desarrollar dichos contenidos).

Los libros de texto son, probablemente, el material didáctico más utilizado en las clases de ciencias y determinan por la vía de hecho qué es lo que se hace en el aula, dado que no sólo incluyen información en diferentes formatos, sino que contienen una propuesta didáctica explícita o implícita. Por tanto, se ha considerado que son un buen instrumento de análisis de la realidad del aula. Así, se ha utilizado una muestra de 33 ejemplares de libros de texto, de distintos niveles y asignaturas, en los que aparecen contenidos relacionados con el modelo Sol-Tierra.

El profesorado como agente fundamental de la actividad educativa también ha sido objeto de análisis. Así, se ha utilizado una muestra de 121 profesores de secundaria en activo, que en sus clases trataban temas con contenido astronómico. Dichos profesores contestaron los cuestionarios en el marco de una actividad previa durante la realización de diversas actividades de formación en los que iban a ser presentados y discutidos los materiales que forman parte de nuestra propuesta.

4.2.2. INSTRUMENTOS

Por lo que se refiere a los instrumentos empleados para analizar el aprendizaje de los estudiantes, dadas las características de nuestra investigación y los precedentes teóricos y prácticos de trabajos en este ámbito, hemos adoptado dos técnicas de recogida de datos: una cuantitativa (cuestionario de opción múltiple y de tipo verdadero/falso) y otra cualitativa (cuestionario abierto), ya que el tipo de información que aportan resulta diferente, pero complementaria. En algunos aspectos de la investigación (por ejemplo, sobre el conocimiento observacional), la inexistencia de un instrumento de evaluación adecuado a los fines planteados nos llevó a diseñar cuestiones “ad hoc”. Por otra parte, el proceso de elaboración del cuestionario, con la confección de borradores, revisiones posteriores por expertos y profesorado del área y la aplicación de un cuestionario piloto previo a la redacción final, avalan la validez del mismo.

El cuestionario está compuesto de 30 ítems agrupados en dos apartados: uno relativo al conocimiento de los aspectos observacionales y el otro relacionado con los aspectos teóricos del modelo. A título ilustrativo se presentan algunos de los ítems incluidos en cada apartado.

En primer lugar, presentamos un ejemplo de cuestión abierta dirigida a explorar el conocimiento de los estudiantes sobre los aspectos astronómicos que reconocen que se pueden observar y sobre cómo estos aspectos caracterizan cada estación.

<p><i>Imagina que estás en Alicante, pero desconoces en qué estación del año te encuentras ¿qué observaciones y mediciones sobre el movimiento del Sol podrías realizar para asegurarte en qué época del año estás? Señala el mayor número posible de aspectos en los que te fijarías y concreta, para cada uno de ellos, qué información puedes extraer para resolver la cuestión. (Ayúdate de dibujos, escribe, expresa tus razonamientos...)</i></p>

Tabla 2. Ejemplo de cuestión abierta dirigida a explorar el conocimiento observacional de los estudiantes

El análisis de las respuestas de los estudiantes nos ofrecerá información sobre el número de aspectos observacionales que describen (duración del día, altura del Sol y posición de salida/puesta) y sobre la calidad de dichas descripciones (su precisión; si son únicamente verbales o si incluyen algún tipo de dibujo aclaratorio...). Los resultados de dicho análisis se contrastarán con los obtenidos mediante los cuestionarios de opción múltiple como el que se expone a continuación, referido a los cambios en la duración del día.

1.1 Sabemos que la duración de los días (es decir, las horas de Sol) no es la misma a lo largo del año. Ahora bien, ¿sabes si hay algún día en el año que tenga 12 horas de Sol?
a) Ninguno; b) Uno (¿Cuál?,); c) Dos (¿Cuáles?,); d) Otra respuesta

1.2. Imagina que estás a 11 de junio. El número de días que tendrás que esperar para que el día vuelva a durar lo mismo, será aproximadamente:
a) 20 días; b) 180 días; c) 365 días; d) Otra respuesta

1.3. ¿Qué crees que ocurre con la duración de los días (es decir, horas en las que vemos el Sol) durante el verano?
a) Alargan; b) Acortan; c) Permanecen igual; d) Otra respuesta

1.4. Un amigo tuyo dice que “A mi me gusta más el verano que la primavera, ya que en verano los días son más largos que en primavera” ¿Que piensas tú?
a) Los días de verano son más largos que los de primavera; b) Los días de primavera son más largos que los de verano; c) Los días de primavera y verano son igual de largos; d) Otra respuesta

1.5. Señala si crees que la siguiente afirmación es verdadera o falsa:
Cualquier día de verano dura más que cualquier otro día del resto del año

Tabla 3. Cuestiones dirigidas a explorar el conocimiento observacional de los estudiantes sobre la duración del día

Finalmente, mostramos un ejemplo de cuestión dirigida a comprobar el grado de coordinación de los aspectos observacionales con los del modelo. En este caso se han realizado dos versiones de cada cuestión. En primer lugar se presentó la versión abierta, dirigida a explorar el alcance y las limitaciones del manejo operativo de los modelos utilizados por los estudiantes, y, posteriormente, se suministró la versión en opción múltiple, para detectar la tendencia de los alumnos a utilizar modelos asociados a determinados esquemas alternativos. Aunque puedan parecer reiterativas, ambas respuestas son útiles metodológicamente, ya que al confrontarlas podremos apreciar claramente las dificultades que presenta la comprensión de los modelos astronómicos frente al conocimiento meramente declarativo, así como analizar el grado de coherencia del pensamiento de los alumnos.

- 3.a. ¿Por qué el Sol en verano sale antes y se pone después que en invierno, es decir por qué los días son más largos en verano?*
- 3.b. ¿Cuál crees que es la causa más importante de que en verano los días sean más largos que en invierno?*
- a) Es debido a que la órbita de la Tierra no es una circunferencia*
 - b) Es debido a la inclinación del eje de la Tierra*
 - c) Es debido a que en verano la Tierra está más cerca del Sol*
 - d) Es debido a los fenómenos atmosféricos*

Tabla 4. Ejemplo de grupo de cuestiones dirigidas a explorar el modelo utilizado por los alumnos para explicar los cambios en la duración de los días

Otro tipo de instrumentos se han dirigido a explorar como los libros de texto y los profesores presentan el modelo Sol-Tierra en sus programaciones. Por una parte, se ha diseñado una red de análisis compuesta por seis ítems, organizados según los indicadores de una adecuada comprensión del modelo, para el análisis de los contenidos astronómicos de los libros de texto. Por otra parte, se han diseñado dos cuestiones abiertas dirigidas al análisis de la presentación didáctica del profesorado: en una se les demanda sobre las propuestas de actividades que realizan y sobre su organización, la otra hace referencia a los conocimientos de los profesores sobre las dificultades de los alumnos en la comprensión de los modelos astronómicos.

4.3. Resultados

La presentación de resultados integra los datos de tipo cuantitativo y cualitativo que hemos obtenido. Asimismo, estos datos se vinculan con los aspectos de carácter didáctico con los que guardan una estrecha relación. En síntesis, se puede afirmar que los resultados confirman la ausencia generalizada de los indicadores de una adecuada comprensión del modelo Sol-Tierra en la enseñanza y aprendizaje habitual de la Astronomía. En concreto, esos indicadores están ausentes en lo que saben los estudiantes, así como en lo que hacen y dicen los profesores y libros de texto. Resulta imposible en este resumen profundizar en los resultados obtenidos en cada uno de los apartados. Nos detendremos, por tanto, en aquellos aspectos más significativos utilizando como hilo conductor de la presentación los indicadores de una buena comprensión del modelo Sol-Tierra mencionados anteriormente.

En primer lugar, nos referiremos a los indicadores que muestran que los alumnos carecen del conocimiento observacional imprescindible para poder justificar racionalmente un modelo Sol-Tierra y que en la enseñanza habitual no se le presta atención a este requisito.

1. Los estudiantes no reconocen, ni la enseñanza trata con extensión suficiente, los cambios en los aspectos observables del movimiento del Sol (duración del día, salida y puesta y altura máxima)

Sólo un 9% de los estudiantes (incluso después de realizar un trabajo bibliográfico sobre las estaciones) hacen referencia a todos los aspectos que se pueden observar para poder determinar en que estación se encuentran. Este desconocimiento de los aspectos observacionales se demuestra claramente en el hecho de que una mayoría cree en la existencia de observaciones imposibles. Por ejemplo, el 86% afirman que el lugar por donde sale el Sol no cambia a lo largo del año y el 58% que no cambia la altura máxima. Estos resultados están en consonancia con la forma en que los fenómenos astronómicos son tratados en la enseñanza habitual. Así, sólo el 3% de los libros analizados propone la observación directa de todos los aspectos observables y la cuarta parte (24%) introduce directamente el modelo Sol-Tierra antes de mencionar siquiera alguna observación. Por otra parte, sólo el 12% de los profesores encuestados proponen, en su planificación ideal del tema, un apartado sobre adquisición, revisión o desarrollo del conocimiento empírico observacional.

2. Los estudiantes no conocen, ni la enseñanza trata adecuadamente, la existencia de días singulares (equinoccios y solsticios) y las regularidades y simetrías en torno a ellos.

En cuanto se refiere al conocimiento de hechos astronómicos relevantes para la justificación del modelo, hemos comprobado que sólo el 23% de los alumnos de Magisterio son capaces de identificar los equinoccios y el 9% los solsticios. Además, hemos constatado que este desconocimiento va asociado a una visión distorsionada de cómo se producen los cambios a lo largo del año. Así, menos de la quinta parte de los estudiantes es consciente de que primavera y verano son estaciones simétricas respecto a la duración del día (18%) y respecto a la altura máxima (13%). El análisis de los libros de texto demuestra que sólo el 18% expresan cómo identificar operativamente los equinoccios, y sólo el 21% los solsticios. Además, apenas el 3 % hace referencia, siquiera de pasada, a la simetría de las estaciones. Esta falta de atención al conocimiento de las regularidades observacionales se pone de manifiesto también en los resultados relativos a los profesores, ya que sólo el 4 % hacen referencia a un conocimiento superficial y/o erróneo de los ciclos y simetrías observacionales por parte de los alumnos como posible fuente de dificultades para comprender el modelo Sol-Tierra.

3. Los estudiantes confunden, y la enseñanza no distingue adecuadamente, el estatus epistemológico de los aspectos observacionales de los aspectos teóricos del modelo.

En las condiciones descritas, resulta lógico suponer que los estudiantes tendrán dificultades para separar el conocimiento fenomenológico o empírico del conocimiento teórico propio del modelo, es decir, que el Sol sale por el este o que el eje de la Tierra está inclinado, serán catalogados como hechos. Efectivamente, hemos podido comprobar que el

64% de los estudiantes mezclan aspectos observacionales y los del modelo cuando se les pide una descripción de los aspectos observables que nos permiten identificar una estación. Esta falta de atención a las dificultades de los alumnos al separar lo que es observacional de lo que es imaginado se manifiesta claramente en los libros de texto, puesto que sólo la quinta parte (21%) manifiesta la naturaleza tentativa de los modelos astronómicos, distinguiéndolos así epistemológicamente de las observaciones. Por su parte, sólo el 6% de los profesores proponen, en su planificación ideal del tema, alguna situación o apartado en que los alumnos han de formular hipótesis encaminadas a la explicación de los fenómenos astronómicos.

En segundo lugar, nos referiremos a los indicadores que muestran que los alumnos tienen dificultades para “apropiarse” del modelo Sol-Tierra, es decir, relacionarlo con los fenómenos astronómicos de su entorno, y que la enseñanza habitual no pone las condiciones adecuadas para que esto ocurra.

4. Los estudiantes utilizan ideas alternativas del modelo Sol-Tierra y la enseñanza no tiene en cuenta la existencia de estas ideas, incluso en algunos casos, las induce.

Se puede afirmar que la mayoría de los estudiantes tienen un conocimiento meramente declarativo de las hipótesis del modelo. Sin embargo, este conocimiento va acompañado de la utilización de ideas alternativas que se manifiestan en mayor o menor grado dependiendo del contexto. Por ejemplo, el 31% representa que los rayos solares llegan divergentes a la superficie de la Tierra para justificar así las diferencias de temperatura con la latitud; el 81% utiliza la idea de los cambios en la distancia Sol-Tierra para explicar la diferente duración de los días en verano e invierno. Esta tendencia a utilizar ideas alternativas se ve favorecida por la presentación del modelo que realizan los libros de texto, pues el 76% hace comentarios o presenta ilustraciones del modelo que contienen errores o que pueden inducir a ideas erróneas. Sin embargo, sólo la cuarta parte (24%) propone alguna cuestión o comentario que tiene en cuenta las ideas alternativas de los estudiantes sobre el modelo. En cuanto a los profesores, el 26% reconoce que la existencia de las ideas alternativas dificulta la comprensión del modelo Sol/Tierra, pero sólo el 15% propone, en su planificación ideal del tema, algún comentario sobre la necesidad de tener en cuenta las ideas alternativas de los estudiantes sobre el modelo.

5. Los estudiantes no hacen uso operativo de las hipótesis del modelo para explicar las observaciones conocidas y la enseñanza no fomenta el uso funcional de dichas hipótesis.

De acuerdo con las ideas actuales sobre la enseñanza de las ciencias, el objetivo de aprendizaje no puede limitarse a “saber que la Tierra es una esfera que gira sobre sí misma y alrededor del Sol”, sino saber explicar hechos y fenómenos astronómicos del entorno mediante dichas hipótesis. Sin embargo, nuestros resultados indican que muy pocos estudiantes son capaces de generar representaciones que relacionen adecuadamente las observaciones y el modelo. Así, sólo el 4% utiliza operativamente la hipótesis de que la

Tierra es esférica para explicar las diferencias climáticas en lugares de diferente latitud, representando como un haz de rayos se distribuye de forma diferente en lugares de distinta latitud. El 39% representa la Tierra girando alrededor de su eje para explicar el movimiento diario del Sol, aunque ninguno justifica el sentido del movimiento de rotación elegido. Sólo el 9% representa la Tierra con su eje inclinado y los elementos necesarios (línea día-noche, paralelo del lugar) para explicar la distinta duración del día con las estaciones. Apenas el 2% representa la Tierra con su eje inclinado y los elementos necesarios (ángulo que forman los rayos solares con el horizonte) para explicar las diferencias climáticas con las estaciones. Finalmente, ningún estudiante es capaz de justificar los cambios en la posición de salida del Sol en las distintas estaciones.

Por su parte, los libros de texto manifiestan una desatención alarmante a la representación gráfica de los elementos necesarios para que el modelo sea funcional, por ejemplo, sólo el 9% representa el plano del horizonte del lugar (tangente a la superficie de la Tierra) para señalar la mayor o menor inclinación con que llegan los rayos solares a ese lugar. Sólo el 18% incluyen actividades en las que los estudiantes han de hacer funcionar el modelo para explicar determinadas observaciones. En cuanto a la presentación didáctica de los profesores, aunque el 39% reconoce que las dificultades de comprensión del modelo están asociadas con el razonamiento y la visualización espacial, sólo el 21% señala la conveniencia de que los estudiantes utilicen estrategias de coordinación del modelo con las observaciones.

6. Los estudiantes no reconocen, y la enseñanza no manifiesta, la existencia de distintos modelos alternativos que pueden dar cuenta de las mismas observaciones

Precisamente debido al carácter tentativo de los modelos es posible imaginar la posibilidad de que existan diversos conjuntos de hipótesis que permitan explicar las mismas observaciones, por ejemplo: hipótesis geocéntrica o heliocéntrica. Sin embargo, los estudiantes, probablemente convencidos de que el modelo utilizado es un hecho, manifiestan una fidelidad absoluta al modelo heliocéntrico. Solamente en casos aislados comenten el “desliz” de manejar hipótesis geocéntricas. Así, el 12% justifica el movimiento diario del Sol mediante el giro de éste alrededor de la Tierra. Y es que sólo el 36% de los libros de texto hace algún comentario histórico sobre el desarrollo de los modelos astronómicos y apenas el 6% señala que tanto mediante el modelo geocéntrico como el heliocéntrico se pueden explicar las observaciones relacionadas con el movimiento del Sol sobre horizonte. Finalmente, sólo el 11% de los profesores proponen, en su planificación ideal del tema, algún comentario histórico relacionado con la existencia de modelos astronómicos alternativos.

Los resultados globales que hemos presentado hasta aquí nos permiten validar -de forma rotunda en la mayoría de los casos- todas y cada una de las consecuencias que previamente habíamos derivado de nuestra hipótesis. Con la intención de superar la situación crítica que se ha descrito, hemos dedicado nuestro esfuerzo a formular una propuesta alternativa que permita que la enseñanza/aprendizaje de la Astronomía se

convierta en una ocasión privilegiada para que los estudiantes construyan un modelo científico que sea utilizado para explicar los fenómenos astronómicos del mundo que les rodea.

5. Una propuesta de mejora para la enseñanza de los futuros profesores de primaria

Los resultados de la primera hipótesis muestran que lograr que los alumnos aprendan Astronomía, y que lo hagan de un modo significativo y relevante, requiere superar no pocas dificultades. Por tanto, podemos suponer que la adquisición del conocimiento científico implica un cambio profundo de las estructuras conceptuales y las estrategias habitualmente utilizadas en la vida cotidiana, y que ese cambio, lejos de ser lineal y automático, debe ser el producto laborioso de un largo proceso de construcción social que sólo puede alcanzarse mediante una enseñanza eficaz que sepa afrontar las dificultades que plantea el aprendizaje. En este sentido, nuestra intención ha sido tratar de investigar cuáles son las estrategias y enfoques de enseñanza que hacen más probable el aprendizaje del modelo Sol-Tierra. El enfoque propuesto está teóricamente fundamentado en las teorías actuales sobre cómo aprenden las personas: las orientaciones constructivistas del aprendizaje (Driver et al, 1993) y, más concretamente, en el modelo de enseñanza por investigación.

El modelo de enseñanza/aprendizaje por investigación o resolución de problemas comparte con la ciencia su interés por los modelos y considera la modelización como una actividad dirigida a fomentar el aprendizaje significativo y que puede facilitar un mejor entendimiento de la naturaleza de la ciencia (Gilbert y Boulter, 1998). Desde este enfoque se supone que de la misma forma que en la ciencia los conocimientos se elaboran para resolver los problemas planteados, una enseñanza basada en el abordaje de situaciones problemáticas favorecerá el aprendizaje (Gil, 1993). Se trata de favorecer una forma de trabajo en el aula que facilite la explicitación de las propias ideas y su confrontación con las de otros, en un ambiente hipotético-deductivo rico en episodios de argumentación y justificación, tan importantes para el aprendizaje de conocimientos científicos (Newton, Driver y Osborne, 2000).

Creemos que es muy significativo el hecho de que las recientes propuestas curriculares han hecho suya esta orientación. Así, los National Standards for Science Education (1996) proclaman que *"en todos los niveles, la educación científica debe basarse en la metodología de la investigación"*, como forma de favorecer, tanto una actividad significativa, en torno a problemas susceptibles de interesar a los estudiantes, como su progresiva autonomía de juicio y capacidad de participación en tareas colectivas.

Por último, hay que señalar que se ha tenido en cuenta la existencia de antecedentes en lo que se refiere a la construcción y comprensión de modelos por los estudiantes en otros campos, como por ejemplo en las teorías sobre la estructura de la materia (Larcher y Chomat, 2000). En estos trabajos se muestra que cuando se utilizan estrategias de

enseñanza que tienen en cuenta los aspectos históricos y acordes con la visión actual de la didáctica de la ciencia, la mayoría de los estudiantes acceden a una correcta comprensión de los modelos científicos.

5.1. SEGUNDA HIPÓTESIS

Todo lo anterior nos ha hecho concebir la posibilidad de proponer una hipótesis superadora para el curriculum de Astronomía. Se trata de reformular su organización, secuenciación y desarrollo de forma que el aprendizaje se aborde mediante un tratamiento más acorde con la naturaleza del conocimiento científico, que favorezca una adecuada comprensión de los modelos y que estimule las motivaciones y actitudes positivas hacia la disciplina y su aprendizaje. Estas consideraciones se concretan en la siguiente hipótesis de trabajo:

HIPÓTESIS 2: La enseñanza del modelo Sol-Tierra, desde una orientación que concibe la enseñanza y el aprendizaje como un proceso de construcción de conocimientos en una estructura problematizada, resulta más relevante que la utilizada habitualmente, tanto desde un punto de vista conceptual como epistemológico, genera oportunidades adecuadas para aprender en el aula, produce actitudes positivas y un aprendizaje más significativo en el alumnado, y es valorada positivamente por los profesores que han de impartir Astronomía en la etapa secundaria.

5.2. CONSECUENCIAS CONTRASTABLES Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Con la intención de operativizar esta hipótesis se han derivado consecuencias susceptibles de ser contrastadas experimentalmente (tabla 5). La primera consecuencia se refiere a la posibilidad de elaborar un programa de actividades para la introducción del modelo Sol-Tierra coherente con los resultados de la investigación didáctica actual. Para la elaboración de dicha secuencia de actividades se realizó una adaptación de un programa de actividades del propio autor (Martínez Sebastià, 1998) para ser impartido por uno de los directores de esta tesis (Dr. Joaquín Martínez Torregrosa) a los alumnos de Magisterio en la asignatura de "Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza". El programa de actividades se probó durante el curso 98-99, a la vista de los resultados obtenidos se realizaron los ajustes oportunos y se experimentó en su versión definitiva durante los cursos 99-00 y 00-01. El número de sesiones utilizadas para su desarrollo en el aula fue aproximadamente de 25.

Otra consecuencia contrastable se refiere a que el desarrollo en el aula de dicho programa de actividades genera oportunidades para aprender con comprensión y que produce mejores resultados en los estudiantes. En este caso el diseño experimental seguido se puede definir como validación interna: se considera como grupo de control a los propios grupos experimentales antes de la instrucción y se trata de establecer la existencia de mejoras comparando las producciones de los alumnos antes y después del proceso de

instrucción. El motivo de haber optado por este tipo de validación radica en la dificultad de localizar muestras comparables, en el sentido de haber trabajado en clase los contenidos del modelo Sol-Tierra asignándole una cantidad de tiempo equivalente. Los instrumentos utilizados en este diseño son de distinta naturaleza.

Por una parte, se han utilizado técnicas cualitativas de observación de clase: análisis de las aportaciones, dibujos, mapas conceptuales, etc..., elaborados por los alumnos, detección de las dificultades con las que se encontraban y atención a las intervenciones del profesor, etc. El propósito era analizar hasta que punto las actividades utilizadas permitían que los alumnos construyesen los conocimientos deseados cuando se enfrentan a cada una de dichas actividades, al mismo tiempo la retroalimentación obtenida nos ha permitido mejorar algunas de dichas actividades.

Por otra parte, con el propósito de verificar que los alumnos habían aprendido de una forma significativa el modelo Sol-Tierra, se diseñaron distintos cuestionarios en los que se recogían los indicadores de una adecuada comprensión del modelo: conocimiento del referente empírico, utilización del modelo para explicar las observaciones y hacer predicciones. Durante el curso 99-00, se eligieron cuestiones que facilitasen la comparación con las utilizadas en los cuestionarios preinstrucción. Durante el curso 00-01 se diseñaron cuestiones de mayor nivel de dificultad con objeto de valorar el grado de avance conseguido en la comprensión del modelo. Dichos cuestionarios se pasaron al terminar todas las actividades del programa y en situación de examen. Además, se administraron cuestionarios para medir los cambios en las actitudes de los estudiantes hacia la enseñanza.

Por último, otra consecuencia contrastable se refiere a la aceptación del programa por otros profesores. Con este fin, se han realizado cursos de corta duración (entre 20 y 30 horas) en los que se han presentado de una manera justificada los materiales elaborados y se han debatido y desarrollado en pequeños grupos las actividades que se propondrían a los alumnos. Como instrumento para poner a prueba en qué medida nuestra propuesta es valorada por el profesorado se ha utilizado un cuestionario de valoración comparativa. En dicho cuestionario se plantea a los profesores que valoren distintos aspectos estratégicos y metodológicos que pueden estar presentes en la enseñanza de la Astronomía respecto a tres criterios: según su importancia para comprender el modelo Sol-Tierra y según el grado en que son tratados adecuadamente en la enseñanza habitual y en nuestra propuesta.

La enseñanza/aprendizaje del modelo sol-tierra: análisis de la situación...

CONSECUENCIAS CONTRASTABLES	INSTRUMENTOS / MUESTRAS
H2.1. Desde el modelo de enseñanza por investigación es posible elaborar un programa de actividades con una estructura problematizada para la introducción del modelo Sol-Tierra, coherente con los resultados de la investigación didáctica.	- Análisis del proceso de planificación de la secuencia de actividades para mostrar que es potencialmente relevante (tiene en cuenta ideas previas y los obstáculos encontrados en la primera hipótesis; permite formular modelos, ejercitar la visión espacial.)
H2.2. El desarrollo en el aula de la secuencia problematizada mejora la enseñanza y aprendizaje del modelo, lo que se manifiesta en que: <ul style="list-style-type: none"> • Suministra oportunidades en el aula para que los alumnos aprendan con comprensión • Produce una mejora de todos los indicadores de una adecuada comprensión del modelo • Permite que los alumnos alcancen un manejo altamente operativo del modelo • Se logra una mejora en su actitud hacia la enseñanza 	- Observación clase: Descripción de lo que ocurre en clase en el desarrollo de las actividades (25 horas) - Cuestionario de comparación pre-postinstrucción (179 estudiantes de Magisterio) - Cuestionario grado progreso en la utilización del modelo (132 estudiantes Magisterio) - Cuestionarios sobre actitudes (221 estudiantes de Magisterio)
H2.3. Los profesores que participan en cursos en los que se desarrolla la propuesta perciben positivamente dicha propuesta y realizan una crítica de los materiales didácticos habituales	- Cuestionarios de valoración comparativa (149 profesores primaria y secundaria)

Tabla 3. Visión global del diseño experimental para la contrastación de la segunda hipótesis

5.3. Resultados

5.3.1. Resultados que muestran el desarrollo del programa de actividades

Para mostrar que es posible realizar una organización y secuenciación de contenidos adecuados al modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación, la primera consecuencia de la segunda hipótesis ha previsto la puesta a punto de un programa de actividades que desarrolle el tema de Astronomía. Debemos señalar que la elaboración de desarrollos curriculares efectivos es considerada como una actividad esencialmente investigadora (Lijnse, 1995; Scott y Driver, 1998). El resultado de la investigación-acción desarrollada es, por una parte, una secuencia de actividades (especificada a nivel de microcurrículo, tal como recomienda Millar, 1989) adaptadas a las necesidades de aprendizaje de los alumnos y, por otra, una documentación sobre los propósitos didácticos de cada actividad. Estos propósitos tienen que ver con los procedimientos cognitivos que queremos lograr en los alumnos, por ejemplo, generar un conflicto cognitivo, dar lugar a la formulación de una hipótesis, promover la reflexión metacognitiva...

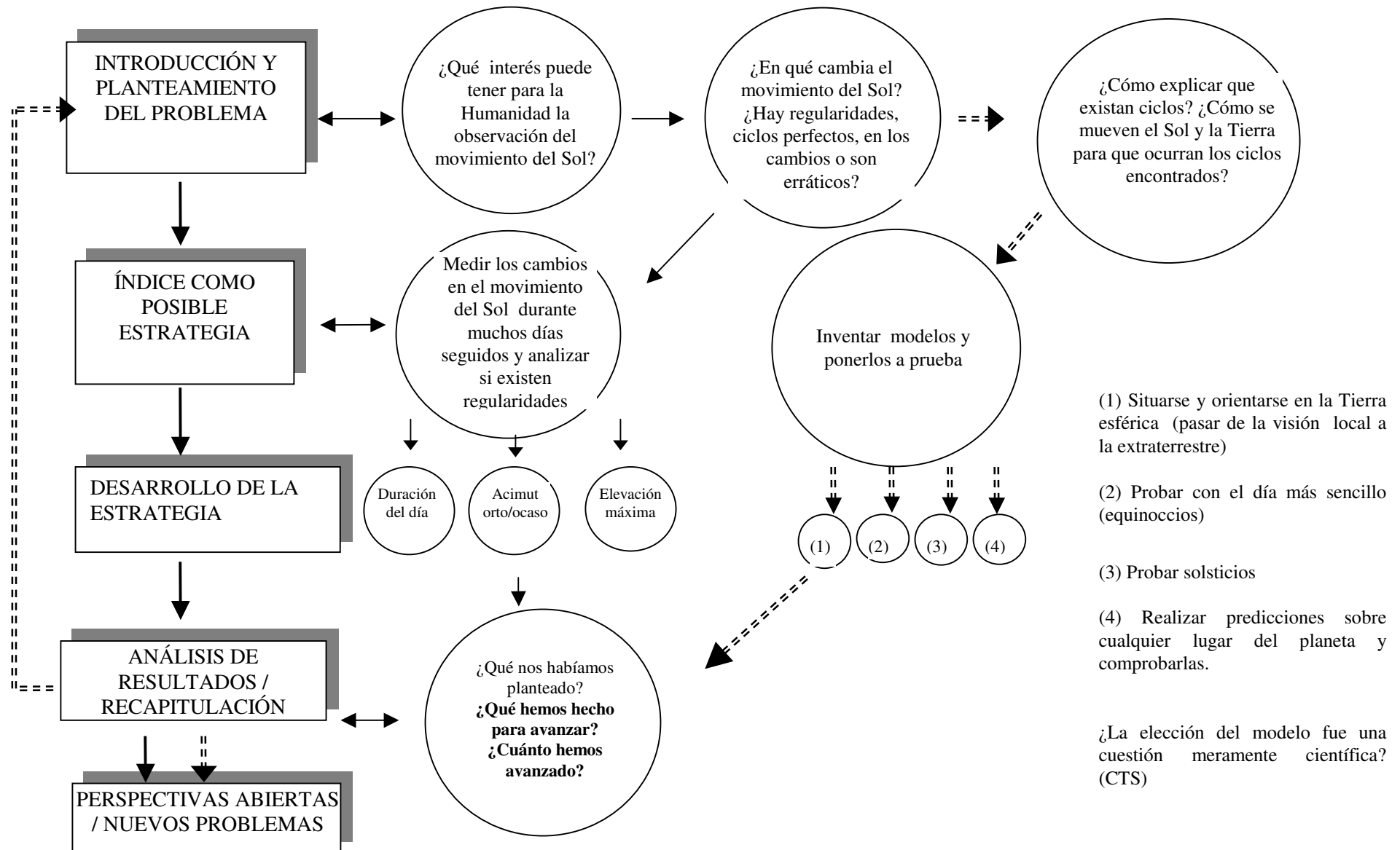
En la elaboración de la secuencia de actividades se han tenido en cuenta las ideas de Vygotsky (1979) sobre la construcción social del conocimiento, especialmente en lo que se refiere al concepto de ‘zona de desarrollo próximo’. Así, se ha graduado la dificultad de cada actividad y se ha previsto la ayuda adecuada en función de las dificultades del estudiante para enfrentarla. De este modo se espera que mediante la interacción y la ayuda de los otros, el alumno pueda participar en el proceso de construcción, modificación y enriquecimiento de los modelos que define el auténtico aprendizaje significativo (Hodson y Hodson, 1998).

Para organizar la estructura del tema se han utilizado los resultados del estudio histórico-epistemológico. De esta forma se ha diseñado el programa de actividades o “plan de investigación” (Martínez Sebastià et al., 2003) como una posible estrategia para avanzar en la solución al problema planteado (*¿Cómo deben moverse el Sol y/o la Tierra para explicar las regularidades observacionales diurnas que podemos realizar desde el lugar donde vivimos o desde cualquier otro punto del planeta?*), enmarcada en un ambiente hipotético deductivo que suministre oportunidades para la apropiación de la epistemología científica. De acuerdo con las dimensiones de los indicadores de comprensión se ha optado por dividir los contenidos en dos subproblemas.

- En la primera unidad didáctica, los alumnos han a realizar las observaciones diurnas que muestran cómo son los cambios en los días a lo largo del año. Se pone énfasis en el planteamiento de problemas (qué interés tiene seguir el movimiento del Sol, qué observaciones hay que realizar), en el diseño y realización de observaciones (cómo hay que realizar las observaciones), en el análisis y discusión de los resultados y en organizar la información recogida en un cuerpo estructurado de conocimientos empíricos.

- En la segunda unidad didáctica, se plantea a los alumnos la construcción de un modelo que permita explicar las observaciones locales. Esta construcción se realiza de forma jerárquica de tal modo que el modelo se va ampliando a medida que aumenta el número de fenómenos que pretende dar cuenta, lo cual permite incrementar simultáneamente las habilidades de visualización y representación espacial de los alumnos.

Esta propuesta de presentación y secuenciación de la enseñanza del modelo Sol-Tierra aparece representada de forma gráfica en el esquema 1 de la página siguiente.



ESQUEMA 1. ESTRUCTURA PROBLEMATIZADA DEL TEMA

5.3.2. Resultados que muestran el aprendizaje logrado con la aplicación del programa de actividades

Mediante la aplicación de técnicas cualitativas de observación se ha mostrado que durante el desarrollo del proceso de enseñanza/aprendizaje, los alumnos trabajando en grupos y dirigidos por el profesor, consiguen construir modelos que coinciden con los propuestos por los científicos a lo largo de la historia. Es decir, hemos observado que los alumnos consiguen hacer operativo un modelo que ya conocen de haberlo visto en los libros de texto (modelo heliocéntrico del eje inclinado, modelo de Copérnico) y que además son capaces de “inventar” un modelo nuevo para ellos, o mejor dicho, una representación original del modelo heliocéntrico en el que el eje permanece vertical mientras que la que la órbita de la Tierra está inclinada (modelo propuesto por Aristarco). Este hecho demuestra el alto grado de desarrollo de las habilidades de visualización y razonamiento espacial que consiguen alcanzar los alumnos.

Las pruebas realizadas al final de la enseñanza muestran claramente que una gran parte de los alumnos son capaces de reconocer las características de los días singulares (equinoccios y solsticios) y de manejar operativamente la idea de simetría tanto en el movimiento diario del Sol como respecto a equinoccios y solsticios. Así, el 76% describe verbalmente las observaciones del movimiento del Sol en los días singulares y el 64% describe gráficamente dichas observaciones. Más del 80% de los alumnos son capaces de utilizar la simetría en el movimiento diario del Sol para predecir el valor de observaciones en la hora y la posición de puesta del Sol. Más de las tres cuartas partes de los alumnos reconocen que las estaciones son simétricas y pueden predecir las características de un solsticio (duración del día, azimut de salida/puesta y altura máxima) a partir de los datos del otro solsticio.

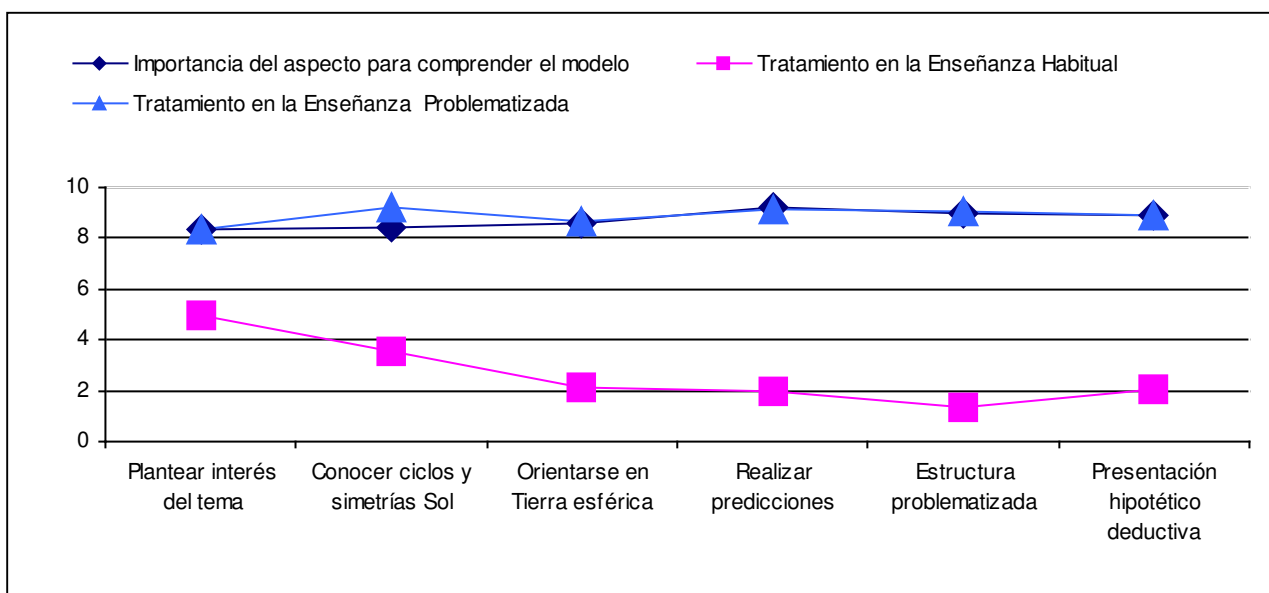
Por otra parte, se observa un gran salto en la comprensión funcional del modelo: el 90% es capaz de usarlo para explicar los cambios locales en la duración del día a lo largo del año (utilizando el 76% tanto el punto de vista lateral como el superior en las representaciones del modelo), el 69% utilizan correctamente la vista lateral para justificar los cambios en la elevación angular máxima y el 56% en el acimut del orto/ocaso. Incluso cuando, durante el curso 2000-01, se administraron pruebas mucho más exigentes en las que los alumnos debían predecir los valores de determinadas observaciones para lugares de distinta latitud, se obtuvieron resultados satisfactorios.

Por último, los estudiantes expresan una actitud positiva hacia los contenidos tratados y la forma de trabajarlos en clase. Así, los resultados obtenidos en las distintas pruebas nos permiten afirmar con claridad, que los futuros profesores de Primaria valoran muy positivamente la instrucción recibida, afirman que la estructura problematizada les ayuda a aprender, a estar orientados, tienen una elevada sensación de “avance”, de “aprender de verdad” y más de un 70 % (de especialidades aparentemente muy alejadas de la Ciencia, como las de Lengua Extranjera y Educación Musical) la eligen entre las dos asignaturas en que han tenido “mayor sensación de aprendizaje”.

5.3.3. Resultados de la valoración de la propuesta experimental por profesores en activo

Los resultados de los cuestionarios contestados por los profesores en activo que han participado en cursos de formación impartidos por profesores/investigadores muestran que estos no sólo valoran muy positivamente la potencialidad de los materiales para favorecer el aprendizaje conceptual y metodológico, sino que expresan expectativas alentadoras sobre su capacidad para generar actitudes positivas en los alumnos.

Como ejemplo mostramos una representación gráfica (gráfica 1) en la que se ve claramente cómo coincide prácticamente la importancia de un determinado aspecto metodológico para la comprensión del modelo Sol-Tierra con el tratamiento que recibe en nuestra propuesta. Dicho de otro modo, aquello que los propios profesores consideran altamente importante recibe un tratamiento altamente adecuado en nuestra propuesta. La separación, en cambio, con la gráfica que representa el tratamiento que se presta a cada aspecto en la enseñanza habitual es enorme.



Gráfica 1. Valoración asignada por los profesores a la importancia de determinados aspectos para la comprensión de modelo Sol-Tierra y a su tratamiento en la enseñanza habitual y en la propuesta alternativa.

Y no se trata sólo de la valoración cuantitativa. El análisis de las valoraciones abiertas y comentarios de los profesores apoyan de una manera más personal una opinión muy favorable de las estrategias de aprendizaje puestas en juego en los materiales didácticos presentados, al tiempo que critican las de la enseñanza habitual. Uno de los aspectos en los que los profesores pusieron más énfasis es en su potencialidad para producir un aprendizaje

significativo de los modelos astronómicos: *facilita que los alumnos superen sus concepciones alternativas, sin imponerlas; permite un aprendizaje duradero, ya que al final hacen suyas las ideas básicas del modelo; potencia la imaginación y las habilidades de visualización espacial; permite reflexionar sobre lo que se sabe...*

6. Conclusiones, recomendaciones y problemas abiertos

La puesta a prueba de las derivaciones de las dos hipótesis emitidas ha conducido a resultados que en todos los casos son convergentes y que podemos resumir en las siguientes conclusiones generales:

1. Los estudiantes que han recibido una enseñanza convencional acaban sus estudios de secundaria sin una comprensión adecuada del modelo Sol-Tierra, presentando dificultades y concepciones alternativas sobre diferentes aspectos de dicho modelo (como por ejemplo: desconocimiento de los aspectos que se pueden observar y de la existencia de días singulares y de las simetrías alrededor de ellos, justificación de las estaciones por los cambios en la distancia Sol-Tierra,...). En síntesis, después de años de escolarización el conocimiento del modelo Sol-Tierra alcanzado puede ser catalogado como conocimiento “inerte”, inservible.

2. La enseñanza habitual no favorece que los estudiantes aprendan de una forma significativa el modelo Sol-Tierra, ya que se hace una presentación dogmática de los contenidos caracterizada por mostrar a los alumnos los productos de la ciencia como saberes acabados, en los cuales, como señala irónicamente Claxton (1994), deben creer con fe ciega. Además, no se tienen en cuenta las posibles concepciones alternativas de los estudiantes sobre las regularidades en los fenómenos astronómicos elementales, ni sobre los modelos que permiten explicar la existencia de dichas regularidades. En algunos casos, la propia presentación de los libros de texto está en el origen de dichas concepciones alternativas. En definitiva, podemos concluir que las deficiencias encontradas en los alumnos después de su formación en secundaria, son un reflejo de las carencias de la enseñanza convencional. Si dominar el modelo Sol-Tierra no es fácil, la enseñanza habitual lo hace casi imposible.

3. Se ha mostrado que desde el modelo de enseñanza por investigación dirigida es posible elaborar un programa de actividades para la introducción de los contenidos de Astronomía relacionados con el modelo Sol-Tierra que es coherente con las aportaciones actuales de la investigación didáctica en la enseñanza de las ciencias.

4. Se ha podido comprobar que la secuencia problematizada de actividades genera oportunidades adecuadas para aprender en el aula. Lo que se traduce en que, en unos porcentajes muy altos, los alumnos que han utilizado estos materiales logran comprender (en el sentido de poder justificar sus conocimientos) el modelo Sol-Tierra. Además, expresan una actitud positiva hacia los contenidos tratados y la forma de trabajarlos en clase.

5. El profesorado que ha considerado con reflexión las características de esta propuesta innovadora cuestiona de modo efectivo la enseñanza habitual de la Astronomía y valora positivamente nuestra propuesta de enseñanza frente a los enfoques convencionales, por lo que hay una alta probabilidad de ser llevada a las aulas en sustitución de otras formas de enseñar.

De estas conclusiones se pueden derivar algunas recomendaciones relativas al diseño curricular. Unas se refieren a la representación icónica de los modelos, aspecto decisivo dada la gran importancia que tienen hoy en día las imágenes en los materiales curriculares. Se trataría de recomendar a los profesores y, especialmente, a los autores de libros de texto que utilizaran distintas perspectivas en las representaciones del modelo (por ejemplo, vista superior y vista lateral), así como que incluyesen todos los elementos necesarios (por ejemplo, plano del horizonte) para facilitar la “lectura” de la información contenida en la imagen. Otras recomendaciones se refieren a la diferenciación epistemológica entre observación (empírica) y modelo (teórico) debido a su clara influencia en la adquisición de una ajustada imagen de la naturaleza de la ciencia.

Siendo coherentes con un planteamiento de enseñanza/aprendizaje por investigación, es preciso añadir a las conclusiones expuestas algunas cuestiones que quedan abiertas a partir de los avances obtenidos en este trabajo. Una posible vía de investigación podría ser controlar el conocimiento de del modelo después de un período de tiempo considerable (por ejemplo, un curso completo). Otra podría ser estimar el grado de transferencia en cuanto a las destrezas de modelización al abordar situaciones nuevas, por ejemplo, el modelo Sol-Tierra-Luna o los modelos planetarios. Por último, dado que la muestra de estudiantes eran futuros profesores de Primaria, un problema que queda abierto es que harían con el conocimiento adquirido a la hora de enseñar a niños de Primaria. Este es un problema de gran interés por su influencia en la alfabetización científica de los futuros ciudadanos que esperamos abordar próximamente.

P.D.: He de agradecer los comentarios y sugerencias de dos árbitros anónimos, sus aportaciones han sido decisivas para clarificar el contenido del artículo y ordenar algunos aspectos bibliográficos.

Referências

ALBANESE, A., et al.- Models in science and in education: A critical review of research on students' ideas about the Earth and its place in the universe- **Science & Education**, n.6, 573-590, 1997.

ATWOOD, R. y ATWOOD, V. -Preservice elementary teachers' conceptions of what causes night and day - **School Science & Mathematics**, n. 95, 290-294, 1995.

ATWOOD, R. y ATWOOD, V. - Preservice elementary teachers' conceptions of the causes of seasons - **Journal of Research in Science Teaching**, v. 33, n. 5, 553-563, 1996.

- BAXTER, J. - Children's understanding of familiar astronomical events- **International Journal of Science Education**, v. 11, n.6 502-513, 1989.
- CAMINO, N. - Ideas previas y cambio conceptual en Astronomía. Un estudio con maestros de primaria sobre el día y la noche, las estaciones y las fases de la Luna- **Enseñanza de las Ciencias**, v.13, n.1, 81-96, 1995.
- CAMPANARIO, J.M. y OTERO. J.C. - Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias - **Enseñanza de las Ciencias**, v.18, n.2, 155-169, 2000.
- CAÑAL, P. - Investigación escolar y estrategias de enseñanza por investigación.- **Investigación en la Escuela**, v. 8, n.3, 15-36, 1999.
- CLAXTON, G.. **Educating curious minds. The challenge of science in the classroom**. Madrid: Aprendizaje Visor, 1994.185p.
- CLEMENT, J. - Model based learning as a key research area for science education. - **International Journal of Science Education**, v. 22 n. 9, 1041-1053, 2000
- De MANUEL, J. - ¿Porqué hay veranos e inviernos? Representaciones de estudiantes (12-18) y de futuros maestros sobre algunos aspectos del modelo Sol-Tierra.- **Enseñanza de las Ciencias**, v.13, n.2, 227-236, 1995.
- DRIVER, R., LEACH, J., SCOTT, P. & WOOD-ROBINSON, C. - Young people's understanding of science concepts: implications of cross-age studies for curriculum planning. - **Studies in Science Education**, n. 24, 75-100, 1994.
- DUSCHL, R.A. Making the nature of science explicit. In.: Millar, Leach y Osborne (Ed) **Improving science education. The contribution of research**. London: Open University Press, 2000. Cap. 11, 187-206.
- GALILI, I. y LAVRIK, V. - Flux concept in learning about light: a critique of the present situation.- **Science Education**, v. 82, n.6. 591-613, 1998.
- GAPAILLARD, J. **Et pourtant elle tourne!. Le mouvement de la Terre**. Paris: Editions du Seuil, 1993. 347p.
- GARCÍA BARROS, S., MARTÍNEZ LOSADA, C. y MONDELO, M. - La Astronomía en la formación de profesores. - **Alambique**, v.10, 121-127, 1996.
- GIL, D. - Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación - **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11 n.2 197-212, 1993.
- GIL, D., GAVIDIA, V., VILCHES, A., MARTÍNEZ TORREGROSA, J. - La educación científica ante las actuales transformaciones científico-tecnológicas - **Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales**, Valencia, n.12, 43-63, 1998.
- GILBERT, J.K. & BOULTER, C.J. Learning science through models and modeling. In B.J. Fraser y K. G. Tobin (Ed.). **International Handbook of Science Education**. London: Kluwer Academic:, 1998.Cap.14, 53-65.

- GOVERNMENT'S DEPARTMENT FOR EDUCATION. **Standards in Primary and Secondary Science**. Qualifications and Curriculum Authority. London, 2003 Disponible en <http://www.standards.dfes.gov.uk/schemes2/science/?view=get> Acceso en 15 nov 2003
- HANSON, N.R. (1978). **Constelaciones y conjeturas**. Madrid: Alianza Editorial, 1978, 310p.
- HARRISON , A.G. y TREAGUST, D.F.- A typology of school science models.- **International Journal of Science Education**, v.22, n.9, 1011-1026, 2000.
- HODSON, D. y HODSON, J. - From constructivism to social constructivism: a vygotskian perspective on teaching and learning science.- **School Science Review**, v.79, n,289, 33-44, 1998.
- KUHN, T.S. **La revolución copernicana**. Barcelona: Ariel, 1981. 373p
- LANCIANO N. **L'analisi delle concezioni e l'osservazione in classe: strumenti per la definizione degli obiettivi educativi e delle strategie pedagogiche per l'insegnamento dell'astronomia nella scuola elementare in Italia**. Tesis doctoral no publicada. Universidad de Ginebra.1996
- LARCHER, C. y CHOMAT, A. - Modélisation de la matière en cycle central du collège. Construction de modèles par la production et la discussion de dessins, en reference à des observations communes.- **Bulletin de la Union de Physiciens** , v. 94, 1341-1356. 2000.
- LIGHTMAN, J. y SADLER, P. - Teacher predictions versus actual students' gains. - **The Physics Teacher**, marzo, 162-167., 1993
- LIJNSE, P.L. - "Developmental Research" as a way to an empirically based "Didactical Structure" of Science. - **Science Education**, vol. 79, n.2, 189-199, 1995
- MARTÍNEZ SEBASTIÀ, B. **Materials didàctics per a l'ensenyament de l'Astronomia**. Valencia: Nau Llibres., 1998, 145p
- MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., MARTÍNEZ SEBASTIÀ, B. Y GIL D. *La Universidad como nivel privilegiado para un aprendizaje como investigación orientada*, en Pozo y Monereo (Ed) **La universidad ante la nueva cultura educativa. Enseñar y aprender para la autonomía**. Madrid: Síntesis.2003. Cap.15, 231-244.
- MARTÍNEZ SEBASTIÀ B. et al. **Curso web : Observaciones y modelos en astronomía**. 2º premio de materiales multimedia del Ministerio Educación y Ciencia, 2003
Disponible en <http://www.cnice.mecd.es/eos/MaterialesEducativos/mem2003/astronomia/>
Acceso en 20 de abril 2004
- MATHEWSON, J.A. - Visual-spatial thinking: an aspect of science overlooked by educators.- **Science Education**, n.83, 33-54, 1999
- MATTHEWS, M.R. - Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual. -**Enseñanza de las Ciencias**, vol. 12, n. 2, 255-277, 1994
- MEC (Ministerio Educación y Ciencia) **Enseñanzas comunes de la Educación Secundaria Obligatoria**. Madrid 2003
Disponible en: <http://www.boe.es/boe/dias/2003-07-03/pdfs/A25683-25743.pdf>
Acceso en 15 nov.2003

Bernat Martínez Sebastià

- MILLAR, R. - Constructive criticism.- **International Journal of Science Education**, vol. 11, n.5, 587-596, 1989
- MILLAR, R. y OSBORNE, J. **Beyond 2000: Science Education for the future**. Kings College, London,1998. Disponible en <http://www.kcl.ac.uk/depsta/education/science.html> Acceso en 15 nov.2003
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). **National Science Education Standards**. Washington, DC, National Academy Press, 1996. Disponible en <http://books.nap.edu/html/nses/html> Acceso en 15 nov.2003
- NAVARRETE, A. - Una experiencia de aprendizaje sobre los movimientos relativos del sistema “Sol-Tierra-Luna” en el contexto de la formación inicial de maestros. - **Investigación en la Escuela**, n.35, 5-20, 1998
- NEWTON, P., DRIVER, R., OSBORNE, J. - The place of argumentation in the pedagogy of school science. - **International Journal of Science Education**, vol. 21, n.5, 553-576, 2000
- NUSSBAUM, J. - Children’s conceptions of the earth as a cosmic body: A cross-age study, - **Science Education**, vol 63,(1) 83-93, 1979
- PARKER, J. y HEYWOOD, D. - The earth and beyond: developing primary teachers’ understanding of basic astronomical events. - **International Journal of Science Education**. vol. 20, n.3, 503-520, 1998
- PÉREZ SEDEÑO, E. **El rumor de las estrellas. Teoría y experiencia en la astronomía griega**. Madrid: Siglo XXI, 1986, 223p.
- POZO, J.I. y GÓMEZ CRESPO, M.A. **Enseñar y aprender ciencias**. Madrid: Morata, 1998. 328p.
- SCHOON, K.J. - Students’ alternative conceptions of Earth and Space.- **Journal of Geological Education**, v. 40, 209-214, 1992.
- SCOTT, P.H. y DRIVER, R.H. *Learning about science teaching: perspectives from an action research project*. In B.J. Fraser y K.G. Tobin (Edit) **International Handbook of Science Education**.London: Kluwer Academic, 1998. Cap.15, p.67-80. 1998
- SHARP, J.G., - Children’s astronomical beliefs: a preliminary study of year 6 children in south-west England.- **International Journal of Science Education**, vol. 18, n. 6, 685-712., 1996
- SNEIDER, C. y OHADI, M. - Unraveling students’ misconceptions about the Earth’s shape and gravity. - **Science Education**, n.82, 265-284, 1998
- SUMMERS, M y MANT, J. - A survey of British primary school teachers’ understanding of the Earth’s place in the universe. - **Educational Research** , vol. 37, n.1, 3-19, 1995
- VOSNIADOU, S. Y BREWER, W.F. - Mental models of the earth: An study of conceptual change in childhood. - **Cognitive Psychology**, n. 24, 535-585, 1992
- VOSNIADOU, S. Y BREWER, W.F. - Mental models of the day/night cycle.- **Cognitive Science**, n. 18, 123-183, 1994
- VYGOTSKI, L. S. **El desarrollo de los procesos psicológicos superiores**. Madrid: Grijalbo., 1979. 297p.

FÍSICA E ARTE NAS ESTAÇÕES DO ANO¹

Glória Pessôa Queiroz²

Maria da Conceição Barbosa Lima³

Maria das Mercês Navarro Vasconcellos⁴

Resumo: O artigo trata do tema das Estações do Ano, explorando elementos da Ciência e da Arte como forma de motivar estudantes ou público de museus de ciência e tecnologia a compreendê-lo a partir de vivências culturais atuais e de outras épocas. A Física se junta à Astronomia para explicar o *fenômeno*, enquanto a Música e a Pintura possibilitam a imersão no tema em meio a muitas viagens à imaginação capazes de despertar emoções.

Uma proposta didática é apresentada e justificada por consensos das muitas pesquisas na área de ensino-aprendizagem de ciências, desde os que se referem às persistentes concepções alternativas acerca das causas das mudanças observadas nas diferentes épocas do ano até à modelagem qualitativa de fenômenos que recorre a modelos pedagógicos tridimensionais. Tal proposta foi desenvolvida na atividade “*Bate papo Hiperinteressante*”⁵: *As Quatro Estações, Ciência e Arte*” realizada no primeiro domingo do mês de agosto de 2003 no Museu de Astronomia.

Palavras-chave: estações do ano, concepções alternativas, modelagem, ciência e arte, interdisciplinaridade.

Abstract: *The paper deals with the subject of the Four Seasons, exploring elements of Science and the Art in order to motivate students or public of museums of science and technology to understand it from their current cultural experiences and of old times. Physics joins to Astronomy to explain the phenomenon, while the use of Music and Painting make possible the immersion in the subject in way to many trips to the imagination capable to awake emotions.*

A proposal didactic is presented and justified for some consensus of the research in the area of teaching-learning of science, since that related to the persistent alternative conceptions concerning the causes of the changes observed at the different times of the year until the qualitative modelling of phenomena that appeals three-dimensional pedagogical models. Such proposal was developed in the activity named "Hiper interesting Talk: The Four Seasons, Science and Art" in the first Sunday of August/2003 in the Museum of Astronomy, MAST.

Keywords: *four seasons, alternative conceptions, modelling, science and art, inter-disciplinarity*

¹ Apoio FAPERJ E CNPq.

² Formação em Física UERJ mestrado em Ciência dos Materiais no IME e Doutorado em Educação PUC-Rio - professora Adjunta do Instituto de Física UERJ

³ Formação em Física UERJ Mestrado em Educação PUC-Rio e Doutorado em Educação USP - professora adjunta do Instituto de Física UERJ

⁴ Formação em Biologia FAHUPE e mestrado em Educação PUC-Rio - Chefe de serviço em pesquisas educacionais - MAST/MCT

⁵ O *Bate-Papo Hiperinteressante* é uma palestra participativa, desenvolvida num clima informal, direcionada ao público familiar que visita o museu nos finais de semana. Tem por objetivo levar os participantes a compreenderem as inúmeras temáticas científicas, motivando-os por meio de diversas atividades, sempre conduzidas por profissionais da área de divulgação científica especialistas em diferentes áreas do conhecimento. Essa atividade foi criada em 1998 no MAST, inspirada no programa *Science Show*, do *Science Museum* de Londres. As apresentações do ano de 2001 foram alvo de pesquisa com os objetivos de: identificar padrões discursivos presentes nessa atividade, avaliar as estratégias elaboradas pelos realizadores para divulgar temas científicos e contribuir para discussão sobre os aspectos teóricos relacionados à divulgação científica em espaços não formais. (Gouvêa, Alves e Marandino, 2003)

Introdução

“Numa época em que os progressos científicos e tecnológicos levam a uma transformação das condições de vida (...), torna-se impossível captar a realidade em seu movimento rapidíssimo sem uma fantasia poderosa e aberta aos maiores paradoxos. A imaginação fantástica pode tornar-se um guia para a ação mais eficaz do que o simples raciocínio lógico no mundo de hoje e, sobretudo, no de amanhã”.(Schenberg, 1984)

O tema das Estações do Ano é um excelente exemplo para mostrarmos como a Ciência e a Arte sempre estiveram presentes na cultura humana. Nele, a Física se junta à Astronomia para explicar o *fenômeno*, enquanto a Música e a Pintura possibilitam viagens à imaginação, permitindo ver como esse tema tem estado presente há alguns séculos em várias culturas, principalmente, na cultura ocidental, na qual nos apoiaremos para discutir sobre nossa hipótese.

Portanto, sendo um tema interdisciplinar, é adequado para ser abordado tanto no campo da Educação Formal como no da Não Formal, gerando conhecimento didático que pode estar presente em diferentes contextos educacionais. Um exemplo pode ser encontrado nas exposições que abordam este tema, no Museu de Astronomia e Ciências Afins (MCT/MAST)ⁱ, no Rio de Janeiro, sendo muito procuradas pelos visitantes, em especial pelo público escolar. Nelas, vários fenômenos decorrentes dos movimentos da Terra são tratados visando a ampliação da cultura dos visitantes para além dos conceitos científicos envolvidos⁶.

O tema tem sido motivo de muitas pesquisas na área de ensino-aprendizagem de ciências (Camino, 1995; De Manuel Barrabín, J., 1995), sendo já amplamente divulgadas as persistentes concepções alternativas de estudantes acerca das causas das mudanças observadas nas diferentes épocas do ano. No contexto do MAST também foram realizadas pesquisas sobre os diferentes padrões de relação entre os modelos de estudantes e os modelos dos idealizadores da exposição Estações do Ano, a Terra em Movimento (Falcão et al., 2003).

Professores em visita ao MAST por vezes também pautam suas explicações em concepções alternativas, mesclando conhecimentos que se baseiam nos sentidos com conteúdos escolarizados, assimilando as novas informações fornecidas pelas exposições do museu a seus conhecimentos cotidianos (Pozo e Gomez Crespo, 1998).

Em pesquisa⁷ sobre os *saberes da mediação* de professores da escola básica em visita ao MAST (Queiroz et al., 2003) obtivemos dados esclarecedores que trouxeram elementos cognitivos importantes para a proposta de uma abordagem multidimensional para o tema das estações, que ora relatamos, levando em conta aspectos culturais, afetivos, emocionais. Tal abordagem foi desenvolvida na atividade “*Bate papo Hiperinteressante*”⁸: *As Quatro Estações, Ciência e Arte*” realizada no primeiro domingo do mês de agosto de 2003 no MAST, destinada a público geral.

⁶ Exposições do MCT/MAST – Rio de Janeiro: *Estações do Ano, a Terra em movimento; Astronomia, uma História e Ciclos Astro-nômicos e a Vida na Terra.*

⁷ Pesquisa apoiada pela FAPERJ 2001-2002: *Os saberes da mediação na educação em museus de ciências e suas relações com o contexto escolar* (coordenação de Glória Queiroz). Na pesquisa, professores em serviço e alunos em formação inicial de professores participaram, num primeiro momento, de um curso teórico-prático. Além disso, fizeram visitas aos vários espaços do MAST e planejaram mediações, realizadas posteriormente durante visitas de seus próprios alunos ao museu.

⁸ O *Bate-Papo Hiperinteressante* é uma palestra participativa e desenvolvida num clima informal, direcionada ao público familiar. Tem por objetivo levar o participante a compreender as inúmeras temáticas científicas, motivando-o através de diversas atividades, sempre conduzidas por profissionais da área de divulgação científica especialistas em diferentes áreas do conhecimento. Esta atividade foi criada em 1998 no MAST, inspirada no programa *Science Show*, do Museu de Londres. As apresentações do ano de 2001 atividade foram alvo de pesquisa com os objetivos de: identificar padrões discursivos presentes nessa atividade, avaliar as estratégias elaboradas pelos realizadores para divulgar temas científicos, através do uso de diferentes recursos e contribuir para discussão sobre os aspectos teóricos relacionados à divulgação científica em espaços não formais. (Gouvêa, Alves e Marandino, 2003)

Por ter sido planejado na perspectiva da ampliação da Cultura de um público heterogêneo, o *Bate papo* sobre as Estações do Ano ganhou um formato propositadamente mais livre de formalismos acadêmicos do que o usualmente adotado na escola, sem no entanto se perder a oportunidade de discutir e entender as concepções alternativas à Ciência trazidas pela grande maioria dos presentes, fazendo-os avançar no sentido do modelo complexo, consensual na Ciência. O discurso participativo (Gouvêa, Alves e Marandino, 2003) implementado durante toda a atividade teve como objetivo estreitar a relação do público com a Ciência.

Cientes de que: “ *Em certos momentos cruciais da história do pensamento, a arte antecipa à ciência, ao inaugurar a utilização de noções que posteriormente iriam desempenhar um papel capital em determinadas transformações científicas basilares*” (Oliveira, 2003 p. 39), a Arte foi trazida para criar, no início do *Bate papo*, o clima motivador propício para que a emoção ganhasse um caráter cognitivo associado ao sensorial, tornando-se um guia mais eficaz que o simples raciocínio lógico, como já afirmava Mário Schenberg em 1984, em epígrafe.

Arte e Ciência nas Estações

"A palavra arte vem do latim ars e corresponde ao termo grego techne, técnica, significando o que é ordenado ou toda espécie de atividade humana submetida a regras. Em sentido lato significa habilidade, agilidade. Em sentido estrito, instrumento, ofício, ciência" (Chauí, 1996, p. 317).

Em seu sentido histórico, Arte é um conjunto de regras para dirigir qualquer atividade humana. Segundo Chauí (1996), Platão não fazia distinção entre Arte, Ciência e Filosofia, uma vez que para ele todas são atividades humanas ordenadas e regradas. Uma separação posterior das artes, em liberais (do homem livre) e servis ou mecânicas (do trabalhador manual) determinada pela estrutura social fundada na escravidão, perdurou do século II ao século XV dC.

São Tomás de Aquino (apud Chauí, 1996) traduziu essa classificação em artes que dirigem o trabalho da razão e nas que dirigem o trabalho das mãos. Na linguagem cotidiana a palavra arte foi se restringindo com o tempo ao trabalho humano voltado para o belo, enquanto que as artes mecânicas passaram a ser consideradas simplesmente técnicas oriundas da tradição ou da ciência, transformando-se em tecnologia ou artesanato.

No século XX, o estatuto da técnica ligada à Ciência modificou-se dando origem à Tecnologia, uma forma de conhecimento intimamente a ela relacionada, intercambiando Ciência e Arte papéis importantes em descobertas e na geração de conhecimento novo.

A idéia contemporânea da Arte e da Ciência como realizações humanas que envolvem representação da realidade, nas quais a criatividade e a imaginação estão presentes, nos leva ao reconhecimento, adormecido durante décadas, da aproximação dos campos de Ciência, Tecnologia e Arte que esteve presente nas primeiras análises sobre o conhecimento humano. Cientistas e artistas representam de diversas maneiras os seus objetos de interesse, em razão de suas crenças, linguagens e valores. Muitos foram os momentos históricos de inovações artísticas, científicas ou técnicas nos quais estes três campos exerceram influência uns sobre os outros. Assim, os três não perdem sua ligação com a verdade e com a beleza. Buscam caminhos de acesso ao real, não pretendem-

do imitar a realidade inacessível, mas exprimir uma realidade criada, inventada para em essência resolver problemas e comunicar sentimentos, emoções.

Para Vattimo (2000) a verdade da Arte que a Filosofia deve tentar entender é o significado ontológico para a história do sentido do ser. No nosso caso o ser que desejamos compreender e ensinar é o fenômeno das Estações do Ano. A Arte pode se emaranhar à Ciência e assim “tocar” mais significativamente as pessoas, caracterizando um outro tipo de interatividade além dos tipos mais veiculados em museus de ciência, como o *hands on* ou mesmo o *minds on*.

Há muito tempo, os seres humanos aprenderam que a natureza se repete, as chuvas, e conseqüentemente as cheias, as flores, os frutos, o frio, o calor, tudo se repete com muita regularidade. Essa repetição sempre despertou interesse por permitir a previsão de novas chuvas, novas colheitas e assim, da renovação do alimento para a subsistência da vida. No passado, medir corretamente essa repetição significou prever o futuro.

O conhecimento decorrente das necessidades, interesses e sentidos humanos sobre as estações ganhou tal magnitude que gerou uma explicação plausível do mundo cotidiano, sendo cantada em versos, músicas e prosas, além de registrada por pintores e escultores das mais diferentes regiões do planeta. Contudo os registros da simples observação da periodicidade de fenômenos naturais e das observações obtidas pelos órgãos sensoriais humanos se distanciam das explicações epistemológicas após sucessivas correções e mudanças características do processo evolutivo da produção do conhecimento científico.

Trazemos a seguir, alguns comentários sobre pesquisas relativas às concepções alternativas, às idéias da ciência, apresentadas por estudantes de diferentes níveis de ensino, que se confundem com as aceitas pelo senso comum e que foram levadas em conta ao iniciarmos a elaboração de nossa proposta de abordagem interdisciplinar do tema das estações do ano.

O que diz a literatura

No marco do paradigma construtivista, presente há pelo menos duas décadas na Educação em Ciências, o conhecimento das idéias prévias dos estudantes é o ponto de partida da ação pedagógica acerca de objetos e eventos que envolvem conceitos e teorias científicas nas explicações que a eles se relacionam, tornando-se então muito recomendável que o professor realize levantamentos junto a seus alunos do que a comunidade de pesquisadores ou professores identifica como concepções alternativas às científicas.

Muito familiares aos professores experientes, concepções sobre fenômenos e processos que ocorrem na natureza têm sido sistematicamente estudados e colecionados por pesquisadores (De Manuel Barrabín, 1995) e entre esses fenômenos se destacam os associados ao modelo cosmológico Sol-Terra.

Concepções alternativas de 904 estudantes, 12-18 anos e de 50 futuros professores, relativas ao fenômeno das Estações do Ano foram estudadas por De Manuel Barrabín, na obra citada, a partir de um questionário escrito com três questões:

- a primeira pedia que escolhessem um entre três desenhos representando a órbita da Terra em torno do Sol, sendo duas exageradamente elípticas (com o Sol no centro e com o Sol em um dos focos) e a outra circular (com o Sol no centro);

- a segunda Solicitava uma explicação de porque no verão faz calor e no inverno faz frio.
- a terceira tratava de uma aplicação do modelo e pedia uma explicação para a diferença de estações (verão ou inverno) em uma mesma época do ano de acordo com o hemisfério (norte ou sul).

A opção preferida por todas as faixas etárias na primeira questão foi a órbita elíptica, com o Sol ocupando um dos focos, exceção feita ao grupo de 12-13 anos, que escolheu a opção de órbita elíptica com o Sol no centro.

O modelo que corresponde praticamente à órbita da Terra (circular) foi escolhido por entre 5 e 10 % dos estudantes.

As respostas dadas à segunda questão geraram categorias, sendo que respostas aceitáveis foram dadas por uma faixa entre 6,8% (14-15 anos) e 22% (estudantes do magistério). A categoria que abrigou as respostas que usaram como justificativa para verões e invernos a distância Terra-Sol foi a preferida em todos os grupos etários, variando de 71,6% (15-16 anos) a 46% (estudantes do magistério). Uma categoria que reuniu as respostas que atribuem esse fato ao movimento de rotação da Terra em torno de si mesma ficou com entre 4,1% (14-15 anos) e 11,7 % (12-13 anos).

Outra categoria, que reuniu respostas que associam distância Terra-Sol à inclinação do eixo terrestre⁹ nas explicações, teve entre 6,3% (12-13 anos) e 14 % (alunos do magistério). Na terceira questão, esse mesmo modelo/argumento é o usado por um percentual que cresce para 30%, no caso dos estudantes de magistério, quando tiveram que explicar porque é verão em um hemisfério e ao mesmo tempo é verão em outro. Tal concepção nos causou estranheza por pensarmos que a aprendizagem da inclinação do eixo terrestre pudesse acabar com a explicação da distância como geradora de maior ou menor aquecimento da Terra.

Vemos com naturalidade a explicação que encontra respaldo nas impressões sensoriais do cotidiano, afinal, qualquer um que já se aqueceu junto ao fogo, ou em outros casos, precisou dele se afastar. No entanto, julgávamos que aqueles estudantes que já demonstravam conhecer a inclinação do eixo terrestre em relação à órbita da Terra no seu movimento de translação em redor do Sol poderiam abandonar a explicação da distância Terra-Sol por entenderem que tal inclinação gera incidências diferenciadas quando um hemisfério recebe a radiação Solar — mais frontal no verão e mais inclinada no inverno. Essas incidências diferenciadas estão ilustradas na figura 1.

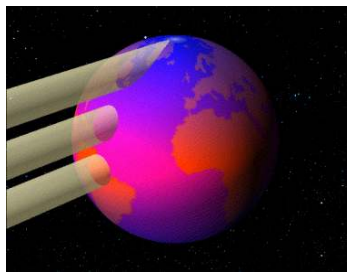


Figura 1: desenho da incidência da luz Solar sobre a superfície da Terra

⁹ Nessas respostas os sujeitos conhecem a inclinação do eixo da Terra e a usam para justificar a mudança na distância de um determinado hemisfério ao Sol ao longo do ano.

Uma Pesquisa Recentemente Realizada

É comum a testagem de concepções alternativas sobre temas ligados à Astronomia em sujeitos jovens e, normalmente em idade escolar, nos níveis Fundamental e Médio (Nussbaum & Novak, 1976; Nussbaum, 1979; Albanese, Danhoni Neves e Vicentini, 1997). É também conhecido e pesquisado sistematicamente o fato de se encontrarem em livros didáticos as mesmas concepções alternativas apontadas pelas pesquisas (Canalle et al., 1997).

Mais recentemente, em uma pesquisa realizada (Queiroz et al 2003) com professores da escola básica que acompanham seus próprios alunos a uma visita ao MAST, realizando mediações video-gravadas¹⁰ na exposição Estações do Ano do MAST, percebemos em uma das professoras o argumento da distância associado ao da inclinação do eixo para explicar as diferenças climáticas ao longo do ano. Nesse aspecto, podemos perceber no trecho abaixo o que nos chamou de início a atenção quando a professora usou inadequadamente um modelo pedagógico, enfatizando o elemento distância como causador de raios Solares mais fortes ou mais fracos.¹¹ Essa professora acompanhava sua turma de terceiro ano do nível fundamental de uma escola pública da cidade do Rio de Janeiro.

Professora: *Quando eu encosto, o aparelho tem muito mais claridade ou mais escuridão?*

Aluno: *Claridade.*

Professora: *E quando eu afasto?*

Aluno: *Vai ficando mais escuro.*

Professora: *Agora a claridade é menor por causa de quê?*

Aluno: *Da força.*

Professora: *Da força?*

Aluno: *Por causa da distância.*

Professora: *Isso! Quanto mais próximo, mais fortes os raios Solares, quanto mais distantes mais...*

Aluno: *Fracos.*

Professora: *Muito bem!*

Vemos nesse pequeno trecho um diálogo cuja estrutura é do tipo *triádico*, de acordo com Lemke¹²(1997), ou *IRF ou IRA* (Indagação-Resposta-"Feedback"/avaliação), como chamam Mercer (1997) e outros autores. A estrutura desse tipo de diálogo é caracterizada pela *iniciação*, feita pelo professor, seguida pela *resposta* do aluno e a *re-avaliação* do professor sobre a resposta dada.

É perceptível que a professora induz a resposta de seu aluno, principalmente através da entonação que utiliza ao falar. Tudo isso traz à tona sua concepção ligada à distância como responsável pelo aquecimento maior ou menor do nosso planeta.

¹⁰ As fitas das visitas video-gravadas foram transcritas pelos bolsistas PIBIC/MCT/MAST Alessandra Menezes e George Lopes e em seguida analisadas no seu conteúdo.

¹¹ Professora 1 – Exposição *Estações do Ano: A Terra em movimento* - Modelo: Raios Paralelos (modelo que procura mostrar que os raios do Sol podem ser considerados paralelos uns aos outros devido à grande distância Terra-Sol. Nesse modelo o visitante ao aproximar a fonte de luz torna os raios divergentes).

¹² Lemke elabora com maiores detalhes a caracterização do diálogo triádico ao afirmar: “O que temos, então, tanto aqui como reiterativamente no diálogo dentro da sala de aula, não é uma simples estrutura dupla pergunta-resposta, mas um padrão de pelo menos três partes: pergunta-resposta-avaliação, ao que denominarei diálogo triádico. (1997, p. 24)

Por meio de uma entrevista de explicitação realizada com a professora, ao mesmo tempo em que se assistia ao vídeo da sua visita, pudemos esclarecer o modelo gerador da concepção categorizada por De Manuel Barrabín (1995) como a categoria na qual existe uma associação entre a distância e a inclinação do eixo.

Durante a entrevista conseguimos conhecer de forma mais completa o pensamento da Professora que nos apresentou as causas da diferença na *quantidade de raios* que atinge hemisférios opostos da Terra devido à inclinação do seu eixo. Apesar de admitir a importância da inclinação ela não consegue abrir mão do argumento da distância:

Entrevistadora: ... *você está dizendo que é mais perto e ainda por cima está inclinado. É mais perto só porque está inclinado. Por estar inclinado fica mais perto do Sol? É isso?*

Professora: *Com certeza. E mais distante lá, no Norte porque a ponta está mais próxima do Sol do que ali, com certeza.*

A professora se refere a algo que de fato ocorre, a distância Terra-Sol varia, como se vê na figura 2, sendo menor no Equador e maior nos Polos, sendo verão e inverno alternadamente nos hemisférios Sul e Norte ao longo do ano:

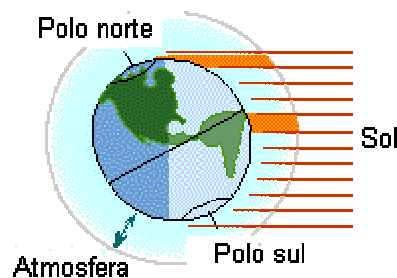


Figura 2: Raios paralelos do Sol chegando à Terra no verão do hemisfério sul.

Prosseguindo a entrevista, ao perceber o modelo da professora, a entrevistadora faz o desenho abaixo:

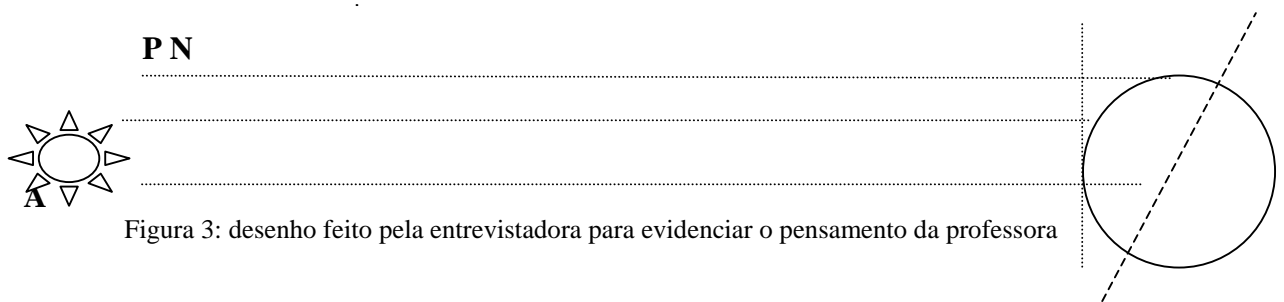


Figura 3: desenho feito pela entrevistadora para evidenciar o pensamento da professora

Entrevistadora: *Agora, se você tivesse que dizer ... quanto um dois fatores é mais importante do que o outro, a proximidade ou a inclinação?*

Professora: *Os dois.*

Entrevistadora: *Você acha que é igual, estão em pé de igualdade?*

Professora: *Pé de igualdade. É, devido à inclinação é que acontece isso.*

Entrevistadora: *Você acha que mesmo isso acontecendo bem lá distante do Sol ? ..A órbita da Terra faz um ângulo de inclinação de 23°, quer dizer, você acha que num raio aqui de...*

Professora: *Num, num raio de um planeta de, diâmetro que é o nosso, com certeza tem uma diferença...*

Entrevistadora: *Mas, você sabe a distância do Sol para a Terra?*

Professora: *Sim, não que seja...*

Entrevistadora: *Isso aqui (indicando a distância ocasionada pela inclinação) vai dar uns mil quilometrosinhos...*

Professora: *Mas é porque eu acho que você tem que contar, quando esse raio chega aqui (ponto A) em diante, não daqui para cá (de A para o Sol). Porque daqui (ponto A) para cá (Sol), se você fosse cortar aqui (ponto A), ela seria a mesma. A distância mesmo, o que conta é daqui (ponto A), como se fosse, se você colocasse aqui uma tangente aqui (ponto A). Daqui (ponto A) para cá (PN - Polo Norte) é que você vai ver a diferença. Aí é enorme.*

Entrevistadora: *– Entendi. De lá (Sol) para cá (ponto A) é igual para os dois.*

Professora: *É, isso aí. Tem que começar a contar daqui (ponto A) em diante, é essa distância aqui que pede. Entendeu? Essa faz a diferença, na minha opinião.*

Entrevistadora: *Tanto quanto da inclinação?*

Professora: *Tanto quanto da inclinação. A inclinação é hiper-importante. Se não acontecesse a inclinação, não poderia ser discutido isso agora. Por isso, a inclinação estaria em primeiro lugar, mais importante, e aí sim, a partir daqui (ponto A), por causa dessa inclinação é que os raios Solares atingem com menos intensidade, ou com mais intensidade. É isso, que você está querendo entender?*

Entrevistadora: *É esse fator distância você está considerando importante mesmo, não é?*

Professora: *É, com certeza.*

A partir deste trecho da entrevista, ficou claro que a concepção alternativa de perto e longe do Sol como geradora das estações não estava superada, apesar da incorporação na sua explicação da noção de inclinação do eixo da Terra. Esta nova noção serviu para a professora reforçar a idéia de que a distância interfere no aquecimento maior ou menor, sendo isso o que vai gerar o verão ou o inverno.

Da análise da entrevista, chegamos à conclusão de que ela não havia conseguido perceber o quanto a distância do ponto A até o ponto PN (Polo Norte) é desprezível em relação à distância entre o Sol e a Terra, e por também não possuir modelo mental para representar a distribuição diferenciada da radiação proveniente do Sol - que pode ser tida como formada por raios paralelos (em função do Sol poder ser considerado no infinito). Apenas após a construção mental de tal modelo, e apenas com ele, a distância entre a fonte e o objeto aquecido por ela poderá se tornar um fator irrelevante para as explicações sobre o aquecimento terrestre responsáveis em primeira instância pelas estações do ano.

Tudo isso nos levou a propor que fossem introduzidos modelos pedagógicos para explorar este modelo mental durante a compreensão da categoria ontológica¹³ astronômica das estações do ano, passando a partir daí a trabalhar outros diferentes fatores a serem considerados no clima de um determinado local: latitude, altitude etc. Com isso a

¹³ Categorias Ontológicas – Categorias para os objetos do mundo, a partir das quais nossa compreensão sobre o mundo é determinada – exemplos: matéria, processos, eventos etc. No caso das estações do ano, as características ambientais de uma dada estação compõem a categoria ontológica climática, enquanto as diferentes posições do planeta Terra em sua órbita em torno do Sol e suas relações com o clima compõem a categoria ontológica astronômica.

relação entre a categoria ontológica climática e a astronômica pode ser melhor trabalhada.

Abaixo nossa proposta desenvolvida no contexto não formal do *Bate papo hiperinteressante*. Nela perceberemos as concepções alternativas trazidas pelo público e forneceremos exemplos de como trabalhá-las de forma a alcançar as concepções científicas, sem no entanto desvalorizá-las.

O Bate-papo HiperInteressante

A Primavera, o primeiro concerto das Quatro-Estações de Vivaldi, já soava no aconchegante auditório do MAST, anunciando o início da atividade da tarde de domingo no MAST durante a entrada de um público de cerca de 30 pessoas, na maioria em grupos familiares: pai, mãe, filhos, avós... Anuncia-se então o tema com uma tela:

Quatro Estações: Ciência e Arte. Excelente exemplo para mostrarmos como a Ciência e a Arte sempre estiveram presentes na cultura humana. A Física se junta à Astronomia para explicar com modelos tri-dimensionais o fenômeno das estações do ano, enquanto ouvindo música e apreciando réplicas de quadros de pintura vemos como esse tema tem estado presente há alguns séculos na Arte.

Apresentadora: *_ Enquanto vamos ouvindo a música e apreciando algumas réplicas de quadros famosos de alguns pintores, nós vamos ver como este tema justamente têm estado presente há tantos séculos na Arte, assim também como na Ciência. Essa música que vocês estão ouvindo, não sei se vocês já haviam reconhecido, é uma música de Vivaldi, um italiano nascido em Veneza em 1678. Ele era padre, formou-se para ser um sacerdote, mas bem no início abdicou desta profissão propriamente dita de ser padre, de fazer missa... ele abdicou e se dedicou exclusivamente à Música. Inclusive trabalhou durante anos em um orfanato para moças na cidade de Veneza, onde ele tinha a obrigação de realizar dois concertos por mês para que elas executassem, além de ensinar os instrumentos musicais para as moças. Então esse é o Antônio Vivaldi que escreveu As Quatro Estações. ...*



Figura 4: Antonio Vivaldi - 1678-1741

Em seguida o público é levado a comparar a seqüência das estações do ano na obra de Vivaldi e no cotidiano. Animadamente as crianças presentes falam sobre as estações do ano, fazendo uso claro da *categoria ontológica* que chamaremos de *ontologia climática*, fortemente ligada ao clima europeu ou americano do norte. Nela, a Primavera é descrita como a estação das flores, o Outono a da queda das folhas e do nascimento dos frutos das árvores, o Verão a estação do calor e o Inverno a da neve e do frio inten-

so. Quanto à ordem em que as estações se sucedem, os adultos ajudam às crianças que confusas embaralham as quatro estações.

Apresentadora: *_Eu não tinha falado das quatro estações ainda não é? Então, ele têm uma obra que ficou muito conhecida que é a Quatro Estações, que vocês estão ouvindo aí no fundo musical. O que está tocando é a primeira estação, vocês sabem qual é a primeira estação?*

Público: *_Verão.*

Apresentadora: *_ Por que verão é a primeira ?*

Público: *_ Porque em janeiro é verão.*

Apresentadora: *_ Em janeiro é verão. Para a gente a primeira estação é o verão.*

Criança: *_ É! A primeira estação é o verão ...*

Público: (inaudível)

Apresentadora: *_Só que na época de Vivaldi, a considerada primeira estação..., escutem o nome, PRIMAVERA. Esse prima aí é de primeiro porque era a estação mais importante para eles, vinha justamente depois do inverno, que era um período de muita neve e muito frio. Então a primavera era uma época de festa, em que a natureza começava a aparecer de novo. Então vocês estão ouvindo a primavera.*

Nessa transcrição inicial podemos perceber que a apresentadora do *Bate papo hiperinteressante* não só permite como parece estimular o surgimento de argumentações, em lugar de respostas “de escola”, como se dá em um diálogo triádico.

Por se saber que a Arte tem sido muito relacionada à *ontologia climática* prossegue-se o *Bate-papo* apresentando-se mais acerca da obra de Antonio Vivaldi, fazendo-se de início uma interpretação do título da obra na qual se inserem as Quatro Estações: “Il cimento de la harmonia e da invencione”.

Apresentadora: *_ ... então, nessa obra composta por doze concertos, chamada “Il cimento de la harmonia e da invencione”, estão incluídos quatro concertos para as Estações, um para cada uma das estações do ano. Nesse título ele está dizendo que é o cimento da harmonia e da invenção; o quê que ele quer dizer com isso? Cimento para a gente é aquilo que o pedreiro usa para colar o azulejo, para fazer o piso.. . o que a gente coloca no cimento? Uma porção de coisas diferentes não é? Mistura com pedra...Mas cimento em italiano também dá essa idéia de contenda, de uma briga, de uma luta. Então ele dizia que era o cimento da harmonia com a invenção. Com isso ele estava querendo dizer que a música tinha que ter duas preocupações ao mesmo tempo. Uma era com a razão, com a forma, com as regras para compor uma obra musical, mas ao mesmo tempo para compor alguma coisa diferente ele tinha que trazer a fantasia, a criatividade, a “invencione”. A “invencione” tinha que se submeter de alguma forma a razão mas tinha que ser algo diferente. Então o cimento da harmonia com a invenção é justamente o que está presente nesta obra do Vivaldi.*

Apresenta-se logo a seguir na tela um soneto escrito em italiano antigo (ou algum dialeto não identificado por nós), encontrado nas partituras das Quatro Estações, relatando-se ser tal texto um dos quatro atribuídos por muitos ao próprio Vivaldi, sendo um para cada uma das estações.

Apresentadora: *_ Bem o Vivaldi fez bem mais do que isso, que é interessante contar aqui. Ele escreveu uns sonetos.*

Menino: *_ O que é um soneto?*

Apresentadora: *_ Soneto é uma poesia, que tem uma forma bem arrumadinha, ela tem uma forma especial ... antigamente todo namorado tinha que escrever um soneto para sua namorada para se declarar. Era bonito o negócio! Hoje não de usa mais ... mas ainda E tem gente que faz poesias ... existe os poetas . Mas o Vivaldi...*

Menino: *_ O namorado da minha irmã fez isso!*

Apresentadora: *_ Então ele é um romântico. Mas o Vivaldi, a poesia dele não era para nenhuma namorada, ainda mais que era um padre, a poesia dele foi para as quatro estações. Ele fez uma poesia para cada estação, começando pela primavera. E ao mesmo tempo que ele fez a poesia, ele deu a idéia para gente de como era a vida lá na Itália na época que ele viveu, porque a poesia retrata os costumes dos homens e das mulheres na época e ao mesmo tempo mostrando como isso mudava de estação para estação. Então a primeira estação para eles qual é?*

Menino: *_ Primavera*

Na tela aparece o primeiro soneto:

PRIMAVERA¹⁴

PRIMAVERA – Mi maior

I Allegro

"Giunt' è la Primavera e festosetti
La Salutan gl' Augei con lieto canto,
E i fonti allo Spirar de' Zeffiretti
Com dolce mormorio Scorrano intanto:
Vengon' coprendo l' aer di nero amanto
E Lampi, e tuoni ad annuntiarla eletti
Indi tacendo questi, gl' Augelletti;
Tornan' di nuovo al lor canoro incanto:"

II Largo

"E quindi sul fiorito ameno prato
Al caro mormorio di fronde e piante
Dorme 'l Caprar col fido can' à lato."

III Allegro

"Di pastoral Zampogna al suon festante
Danzan Ninfe e Pastor nel tetto amato
Di primavera all' apparir brillante."

PRIMAVERA

I Allegro

Chegada é a primavera e festivos
A saúdam os pássaros com alegre canto
E os rios, ao sopro dos zéfiros,
Correm entrementes doce murmúrio:
"Venham cobrindo o céu de negro manto
Raios e trovões, escolhidos para anunciá-la
E quando estes se aquietam;
Voltam os pássaros ao seu canoro encanto"

II Largo

E depois sobre o prado ameno e florido
Ao caro murmúrio das folhagens e das frondes
Dorme o Caprar¹⁵ com o fiel cão ao lado.

III Allegro

Ao som festivo de rústicas flautas
Dançam ninfas e pastores sob o amado
E luminoso céu da Primavera.

Original e tradução do soneto Primavera de Vivaldi

Apresentadora: *_ Primavera. ... e a primavera deles começava no dia 21 de março. Diferente da nossa, a nossa começa no dia 21 de setembro, mas a deles começa no dia 21 de março. Por que será isso? Por que eles moram em que?...No ouro hemisfério. A gente mora em um hemisfério e eles moram no outro. A gente vai ver depois como é que isso faz mudar ... faz cada hemisfério ter uma estação diferente...Tudo isso que está se passando não é em nenhuma das Américas. Apesar de que nessa época a*

¹⁴ Os demais sonetos - Verão, Outono e Inverno encontram-se no Anexo 1.

¹⁵ Caprar, Pastor de cabras.

América já havia sido descoberta, não é? Mil e seiscentos, mil e setecentos... A época que esta música foi feita, olha lá 1725. O Brasil já havia sido descoberto.

O Menino A intervém e com rapidez mostra que sabe fazer contas de subtrair.

Menino: *_ Há 225 anos !*

A apresentadora começa a interpretação do soneto, buscando a participação do público:

Apresentadora: *_É, 225 anos depois. Olhem só esse soneto da primavera, Olhem só o que ele diz da primavera: “chegado a primavera e festivas saúdam os pássaros com alegre canto...” O que está dizendo para a gente que a primavera era alegria, festa ...os pássaros cantavam... “e os rios ao respirar dos zéfiros...” – zéfiros era um dos ventos, eles dão um nome para cada vento. Tinha um vento que vinha do norte e um vento que vinha do sul. Então zéfiro era o vento que vinha do sul. Se a gente pudesse voltar a música no início vocês poderiam perceber os raios e trovões na melodia anunciando a primavera que está chegando. Depois ele vai falando primavera ... “sobre o prado florido ... Tudo está indicando como era a primavera, como Vivaldi via a primavera.(...)*

Prosseguindo, a apresentadora mostra reproduções de Pintura relativas às estações do ano, procurando questionar a ontologia climática dos participantes:

Apresentadora: *_ Gente isso aqui é uma outra coisa, voltando mais atrás no tempo, não foi só na música que as estações do ano estiveram presente, mas também na pintura. Vocês estão achando bonito isso aí? Essa aí é primavera. Foi assim que esse pintor Giuseppe Arcimboldo, que viveu entre 1530-1593, descreveu a primavera. Reparar, o que têm lá na cabeça dele? Uma porção de florezinhas. Então mais uma vez confirmando isso, que a gente vê que a primavera é a estação das flores. Apesar de que no Brasil hoje nós estamos no inverno agora e olhando lá fora está cheio de flores. Mas isso é aqui no Brasil.*



Figura 5: Tela PRIMAVERA de Giuseppe Arcimboldo

Como forma de trazer a ligação entre o que ocorre nos céus com as mudanças climáticas vivenciadas na Terra, a tela que se segue na apresentação ao público mostra algumas reproduções das interessantes e famosas iluminuras¹⁶ góticas feitas pelos irmãos Limbourg para o "Livro das horas do duque de Berry" no século XV. A obra completa reproduz aspectos da vida aristocrática da idade média europeia ao longo dos doze meses do ano. Escolheu-se o mês de março, o primeiro da Primavera e chamou-se

¹⁶ Iluminuras gótica são pinturas a guache de estilo gótico. As apresentadas durante o bate-papo fazem parte do livro As mais ricas horas do Duque de Berry exposto em um museu francês na cidade de Chantilly e foram ampliadas e pintadas em uma abóboda que serve de teto à sala que retrata a astronomia na idade média em uma das exposições do MAST – *Astronomia uma História*.

atenção em primeiro lugar para aspectos agrários retratados na iluminura, para, em seguida, comentar os símbolos que aparecem na parte superior, retratando as constelações nas quais o Sol “se encontra” – Peixes e Áries.



Figura 6: Iluminura do Duque de Berry –Irmãos Limbourg - 1416

Apresentadora: *_ Voltando mais atrás no tempo ainda, olhem só. Vamos para 1416, o Brasil não estava descoberto ainda. (apontando para o data show) Isso são as iluminuras do livro das horas do Duque de Berry. Esses irmãos Limbourg., foram três artistas que fizeram esses desenhos, são umas iluminuras muito bonitas num livro que conta como era a vida na época. Numa exposição lá em cima no Museu, numa sala branca, se vocês olharem para o céu, para o alto, para o teto, vocês vão ver todas essas iluminuras do Duque de Berry. E essa aí está representando justamente a primavera. Quando acabou o inverno a Terra começa a ser arada para se fazer a plantação das sementes e de todas as plantas. Vocês estão reconhecendo alguma coisa ali em cima, dá para ver alguma coisa?*

Menino: *_ Dá para ver uma cidade.*

Apresentadora: *_ Lá no final tem uma cidade. Mas lá em cima de tudo, o que será aquilo ali? Alguém falou Zodiaco? Parece um pedaço do Zodiaco, não parece? O Zodiaco é o caminho por onde o Sol passa ao longo do ano. Ele já sabiam em 1416 que, olhando aqui da Terra para o Sol, ele estava na constelação de peixes... estão vendo aqueles dois peixinhos ali ... eles já sabiam, eles já conheciam.*

Menino: *_ As pessoas faziam isso para orientar o gado, não é?*

Apresentadora: *_ Para se orientarem, para saber o que estava acontecendo ... eles se orientavam pelo céu.... para cuidar do gado também, não é? Isso é uma outra demonstração de como é que o assunto das estações do ano estava presente no século XV, 1416. Aqui um pouquinho para frente, ainda na primavera, os passeios que eles podiam fazer, as festas que eles falavam... aquelas festas que Vivaldi falou estão presentes aqui, todo mundo arrumado e bonito para festa, porque a primavera é a época de festa ... aqui no céu você já tem Touro e aqui Gêmeos... quem quiser ver melhor isso vai ver lá na exposição....*

É muito fácil perceber o envolvimento das crianças com a apresentação. As interrupções feitas à apresentadora são em geral para apresentar um raciocínio, o que mostra o interesse do público.

Procedimento análogo foi feito para cada uma das estações, para se abordar de forma mais específica a categoria ontológica que chamaremos de *ontologia astronômica*. Ela não foi mencionada inicialmente pelo público, apesar do encaminhamento do bate papo ter propiciado seu surgimento entre alguns participantes. Segundo essa categoria, as estações do ano são reconhecidas como posições diferenciadas do planeta Terra em relação ao Sol, durante o seu movimento de translação, estabelecendo-se uma analogia às estações por onde passam os trens. Os aquecimentos diferentes do planeta ao longo do ano se relacionam às diferentes posições orbitais ou, no análogo, diferentes estações de parada.

Voltando-se aos sonetos de Vivaldi, elementos para a construção da ontologia astronômica para as estações do ano foram trazidos ao público nos versos relativos ao Verão¹⁷:

*“Sob a dura estação incendiada pelo Sol
Dorme lânguido o homem, repousa o rebanho e arde o pinheiro;”*

Pediu-se que o público interpretasse o que Vivaldi quis dizer com *estação incendiada pelo Sol*:

Apresentadora: *_ O que será que Vivaldi está chamando de estação incendiada pelo Sol? Será que nas outras estações não têm Sol?*

Menino: *_ É que o Sol está mais quente.*

Apresentadora: *_ Ah! É que o Sol está mais quente, muito bem! Isso mesmo! Mas a Primavera têm Sol também. Só que o Verão é a estação incendiada pelo Sol.*

Neste momento, a apresentadora entrega a um menino da platéia um modelo pedagógico que usa uma bola de isopor atravessada por uma haste metálica para representar o planeta Terra com seu eixo imaginário e uma luminária de pé para representar o Sol. Entrega também um prego pintado de amarelo, que chama de bonequinho.

Apresentadora: *_ Olha só, bota aqui esse “bonequinho” amarelinho aqui. (o menino prende o “bonequinho” na bola de isopor).*

Apresentadora: *_ Muito bom! No hemisfério sul, não é? Então, o quê você está vendo? Dirigindo-se ao público: Vocês estão vendo a sombra daí do bonequinho?*

Menino: *_ Tô!*

A apresentadora quer que o público observe no modelo da Terra, que está sendo iluminado por uma fonte de luz, as sombras ao longo de um dia do “bonequinho”, enfatizando a menor sombra ao meio-dia:

Apresentadora: *_ Olha aqui a sombra dele, ó!*

Menino: *_ Caraca!*

Apresentadora: *_ Repara só, como que é que eu vou fazer ele ficar de noite. O quê que acontece pra ele ficar de noite? (Neste momento, o Menino A gira o modelo da Terra nas mãos da apresentadora). Rodou, rodou, rodou. Tem que rodar, aí ele tá de noite. Aí agora vai começar a chegar de manhã. Qual é o tamanho da sombra dele de manhã, ó? Não é grandona?*

¹⁷ No Anexo 3 apresentamos versos do poeta brasileiro Mário Quintana. Tais versos também propiciam análise análoga ao realizado com os sonetos de Vivaldi.

Menino: *_ Pô, de noite nem aparece.*

Apresentadora: *_ De dia, a sombra dele, ao meio-dia é que você tem a menor sombra, não é?*

Menino: *_ É.*

Apresentadora: *_ Isso é o que é o meio-dia, a menor sombra.*

Logo em seguida o tema das estações é explicitamente questionado pela apresentadora que insiste na participação do público:

Apresentadora: *_ Eu não sei se vai dar para todo mundo ver. (mostra o modelo da Terra ao público presente no auditório). Bom, o quê que a estação do ano tem a ver com o Sol e com a Terra? Por que temos estação do ano?*

Menino: *_ Ah, eu sei!*

Apresentadora: *_ Por que acontecem as estações do ano? Hein, gente! Por que que vocês sabem que tem estação do ano? Alguém pode ajudar? Quem é que pode ajudar? Dá uma “dicazinha” qualquer.*

As respostas do público são uma a uma comentadas pela apresentadora:

Menino: *_ Já sei, eu acho que é pra fazer frio e calor.*

Apresentadora: *_ Ah, é para fazer frio e calor que tem estação do ano? Tudo bem! Agora, mas por que tem estação do ano? Eu não perguntei para quê, eu perguntei por que? O quê que acontece? Você tá pensando estação aquilo tudo o que a gente viu ali, né? Na primavera tem flores, no inverno bate um monte de frio.*

Menino: *_ A primavera é para ficar boa.*

Apresentadora: *_ É. Agora eu estou querendo uma ajuda é por que que tem? Só ele que participa. Aí, vamos ver se todo mundo participa também. Ele está querendo participar.*

Menino: *_ O verão é para ficar quente.*

Apresentadora: *_ É para ficar quente, para ficar frio, para ter flores, para ter frutos, tudo bem! Agora, eu não perguntei para quê, eu perguntei por que? Não muda a minha pergunta. Eu perguntei por que*

Outra criança: *_ Para dividir o ano.*

Apresentadora: *_ Para dividir o ano. Bom, muito bom! Porque contar dia a dia é muito difícil mesmo. Dia 1, dia 2, dia 3, dia 4, aí fizeram as estações. Dentro das estações tem os meses, tem as semanas. Mas isso ainda é uma resposta de para quê, não é? Mas, eu quero saber o porquê. O quê que acontece com a Terra, pois vocês sabem que a gente mora nesse planeta daqui, não é? Aqui nosso planetinha até com os continentes todos aqui. (A apresentadora traz um outro modelo da Terra, este mais detalhado, mostrando os continentes).*

Mulher: *_ Rotação.*

Apresentadora: *_ Rotação. Rotação, aonde?*

Mulher: *_ Em torno do Sol.*

Apresentadora: *_ Em torno do Sol. Rotação em torno do Sol. Quer dizer a Terra (A apresentadora simula o movimento de rotação em torno do Sol) além de fazer os dias e as noites rodando assim, ela ó, vai, lá vai ela no seu caminho, na sua órbita, não é? Na sua órbita em torno do Sol, ela vai fazendo assim. Bom, se ela vai fazendo assim,*

por que tem uma época que o pessoal fica morrendo de frio e outra época fica todo calorento, com calor? O que acontece?

Algumas pessoas respondem, mas é inaudível.

Apresentadora: *_ Vocês tem uma dica? Isso aqui... (aponta para o modelo da Terra) o Sol é quente pra caramba, não é? Tem alguma coisa a ver com ele?*

Público responde, mas é inaudível.

Apresentadora: *_ Aproxima e afasta?*

A maioria do público concorda apesar de alguém responder Não.

Uma criança: *_ Isso leva um ano.*

Apresentadora: *_ Isso leva um ano. Isso mesmo? Essa voltinha aqui eu dei muito rápido. Isso leva um ano, um tempão para passar, não é? Até chegar o Papai Noel de novo demora, não é? Mas eu quero saber: está aqui Terra, está aqui o Sol, estamos combinados, não é? Terra, Sol. Por que ela fica quente, por que ela fica fria?*

Menino: *_ Por causa do verão e do inverno.*

Apresentadora: *_ Daí você deu a volta na volta. Eu quero saber o que está por trás disso?*

A apresentadora prossegue formulando questões capazes de gerar outros modelos mentais além daqueles que estão ligados de forma mais simples aos sentidos, como o que associa diretamente o verão à maior proximidade da Terra ao Sol:

Apresentadora: *_ Por que verão? Por que inverno? Por que frio? Por que quente? Vamos lá! Vamos lá! Então espera um pouquinho. (A apresentadora dirige-se pra o Menino A) Espera um pouquinho para ver se outro alguém ajuda. Vamos ver quem quer ajudar? Vamos lá gente! Para ajudar um pouquinho.*

Um adulto resolve participar.

Homem: *_ A distância, não é?*

Apresentadora: *_ A distância. O quê que tem a distância?*

Homem: *_ Ela (a Terra) vai girar elipticamente. Vai ter uma hora que ela vai estar mais próxima, outra hora que vai estar mais perto.*

A apresentadora traz o argumento que tenta atacar a concepção que relaciona o aquecimento à distância:

Apresentadora: *_ Assim mais próximo, assim mais afastado, assim mais próximo, mais afastado. Aí depois mais próximo aqui embaixo, mais afastado. Não ia ser verão para o pessoal todo aqui na Terra? Para todo mundo ao mesmo tempo?*

Neste momento veremos aparecer uma concepção igual à trazida pela professora participante da pesquisa sobre os saberes da mediação em museus, relatada anteriormente neste trabalho. Apesar de, como ela, o participante do Bate papo já mostrar que conhece a inclinação do eixo da Terra em relação ao plano da sua órbita em torno do Sol, o argumento da distância se sobrepõe e usa a inclinação do eixo para o papel de responsável pelas diferenças de distâncias.

Homem: *_ A Terra mantém a rotação em torno do seu próprio eixo e a inclinação.*

Com as sugestões do rapaz, a apresentadora posiciona a Terra em torno da fonte luminosa, que está representando o Sol, e dá início a uma argumentação com o objetivo de construir uma representação para diferentes aquecimentos da Terra que não requeiram a maior ou menor distância entre a Terra e o Sol:

Apresentadora: *_ Bom... mas então o importante disso aqui é como ele falou, é a inclinação, não é? Porque olha só! (pega uma folha de papel e a posiciona de frente para a fonte luminosa, em vários ângulos). Se eu tenho uma folha assim, recebendo os raios assim (perpendicularmente), ela tá recebendo uma quantidade grande de incidência de radiação. Se ela estiver assim (ângulo de 0°) o quê que acontece?*

Público: *_ Nada.*

Apresentadora: *_ Nada, não é? Por que está passando direto. Não passa nem por ela. Se eu começar a inclinar assim, aí é que começa a chegar alguma coisa, não é? Então como ele falou, olha só, quando você está aqui, o quê que acontece? Você tem uma incidência grande aqui, e aqui está inclinado.*

A apresentadora coloca a folha de papel sobre o modelo da Terra sendo iluminada pela fonte de luz, usando-a como se fosse um campo de futebol e colocando-o ora no hemisfério norte ora no sul:

Apresentadora: *_ Olha a inclinação como é diferente, estão vendo? Imagina um campo de futebol no hemisfério sul, no verão deles, no nosso. Aqui é o verão, aqui é o inverno, não é? No verão, uma incidência grande, pouca sombra ao meio-dia, muito calor!. Aqui, no inverno, uma incidência, ó! Os raios vem raspando...*

Menino: *_ Em cima, eles não vão poder jogar futebol, porque no verão só se vai à praia.*

Um argumento que leva em conta a grande distância do Sol à Terra é também utilizado para convencer o público de que a explicação para as estações é outra:

Apresentadora: *_ Então, acaba que aquela explicação da distância, ela é até supérflua, porque o Sol tá muito, muito, muito distante, né? O que é mais importante mesmo é a inclinação. A inclinação já é uma justificativa que dá conta, você não precisa entrar ainda com essa coisa da distância. Porque isso, aqui ou aqui para o Sol, que está tão longe, você pode dizer que isso se torna mesma distância. Mas o fato de que isso aqui está de cara com o Sol. No verão, por que o Vivaldi fala lá, que o Sol é... como é que ele fala? Porque o Sol, ele está a pino, não é? Ao meio-dia, o Sol bem forte, bem a pino. Mas a tarde diminui, mas assim mesmo já esquentou tanto a Terra durante o dia, né? E no meio do caminho aqui então você tem a primavera pra quem saiu do inverno, né? E o outono pra quem saiu do verão.*

A apresentadora procura então fazer com que o público perceba no modelo da bola de isopor as diferentes iluminações. Antes, na ausência de um modelo mental para a diferença de aquecimento de uma superfície em função do ângulo de incidência do fluxo luminoso proveniente de uma fonte o suficientemente distante para que seus raios

sejam considerados paralelos (ver figura 1), ficava muito difícil perceber diferentes iluminações ou aquecimentos, por meio de qualquer experiência realizada com modelos pedagógicos (seja uma bola de isopor atravessada por uma haste, iluminada por uma lâmpada representando o Sol ou um modelo no qual a palma da mão receba iluminação de forma frontal ou oblíqua).

Durante o bate papo tentou-se então com os participantes encaminhar a construção de um modelo mental a partir a representação mental de um campo de futebol nas diferentes regiões da Terra (figura 1). Associou-se a isso a sensação de maior ou menor aquecimento ao longo de um dia, estando o Sol mais alto no céu (ao meio-dia) ou mais baixo (ao amanhecer ou a tardinha), comparando-se em seguida o mesmo horário no verão e no inverno, para então possibilitar que conseguissem perceber diferenças na iluminação dos diferentes hemisférios ao longo de um movimento completo de translação da Terra em torno do Sol quando se mantém o eixo (haste) inclinada em relação ao plano da órbita.

A tentativa de se levar os aprendizes a desprezarem a pequena diferença de distância na chegada da luz Solar aos dois hemisférios, causada pela inclinação, diante da imensa distância que nos separa do Sol, só surte efeito para aqueles que já estão convencidos da importância do ângulo de incidência do fluxo sobre uma superfície e que construíram um modelo mental convincente. Nos demais casos, a ontologia climática para as estações do ano permanece ligada fortemente aos sentidos humanos, os mesmos que fazem com que nos aproximemos de uma fogueira no frio e nos leva a evitar o forte calor de uma fonte luminosa nos afastando dela.

Considerações Finais:

O objetivo deste trabalho foi o trazer um tema que tem sido motivo de muita dificuldade didática tanto para professores quanto para mediadores em museus de ciência: as Estações do Ano. Tal dificuldade levou o MAST a elaborar uma exposição dedicada exclusivamente ao tema. Uma professora participante da pesquisa sobre os saberes da mediação, ao apresentar de forma bastante clara sua concepção alternativa, ajudou-nos a refletir sobre a importância e a dificuldade da construção de um modelo mental que gerasse a concepção aceita pela Ciência.

A aridez do tratamento do tema sob o ponto exclusivo da Ciência com um público heterogêneo que frequenta o *Bate Papo Hiperinteressante* do MAST nos levou a uma proposta para ser usada tanto na divulgação como na sala de aula que parte da ontologia climática por ser ela facilmente reconhecida na nossa cultura, mesmo que seja artificial por trazer estereótipos do clima europeu (flores na primavera, neve no inverno, frutos no outono...).

Partindo de objetos e eventos da Arte, que se harmonizam com a vivência cultural ocidental, pudemos recuperar fragmentos de ambas ontologias, climática e astronômica, presentes nas obras de Vivaldi, Arcimboldo e dos irmãos Limbourg para assim motivar a construção de um modelo mental epistemológico que tem suas bases na Física-Matemática. A construção desse modelo foi feita a partir de modelos pedagógicos tridimensionais e da rememoração de fatos do cotidiano, como observação de sombras ao longo de um dia ou do ano, relacionando-as à altura em que o Sol é visto no céu e às diferentes posições da Terra no seu movimento de translação.

Tal construção se deu em meio a um entrelaçamento entre a ontologia climática e a ontologia astronômica, possibilitando o trabalho didático dos diferentes climas nas

quatro estações do ano em diferentes regiões do planeta Terra, ficando mais claro para os participantes que pelo fato do planeta estar em diferentes posições ao longo do seu caminho em torno do Sol, as diferentes inclinações de áreas localizadas mais próximo ao equador ou aos polos (N e S) farão ainda com que os climas locais sofram menores ou maiores mudanças ao longo de um ano.

Como afirmam Pozo e Gomez Crespo (1998), no momento de gerar representações específicas para prever ou explicar qualquer fenômeno no cotidiano, nosso conhecimento intuitivo assume de forma implícita certos princípios sobre a natureza da realidade e atua conforme eles. No caso das estações do ano o que se mostra como implícito para os seres humanos é o aquecimento maior ou menor de acordo com a distância do objeto à fonte. O modelo da distribuição da radiação pela superfície de acordo com o ângulo de incidência foi elaborado pela ciência para dar sentido a uma realidade que não é facilmente percebida pelo senso comum imerso em figurações estéticas culturais.

Referências

- ALBANESE, A DANHONI NEVES, M. C. AND VICENTINI, M. Models in Science in Education: A Critical Review of Research on Student's Ideas about the Earth and its place in the universe **Science & Education** 1997 (6) 573-590
- CAMINO, N. Ideas Previas y Cambio Conceptual en Astronomía. Un Estudio con Maestros de Primaria sobre el Día y la Noche, las Estaciones y las Fases de la Luna. **Enseñanza de las ciencias** vol 13, nº 1, p. 81-96, 1995.
- CANALLE, J.B.G.; TREVISAN, R.H.; LATTARI, C. J. B. Análise do Conteúdo de Astronomia de Livros de Geografia de 1º Grau – **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, vol. 14, nº 3, p. 254-263, 1997.
- CHAUI, M. **Convite à Filosofia**. São Paulo: Editora Ática S.A, 1996.
- DE MANUEL BARRABÍN, J. Por que hay veranos e inviernos? Representaciones de estudiantes (12-18) y de futuros maestros sobre algunos aspectos del modelo Sol-Terra. **Enseñanza de las ciencias** vol 13, nº 2, p. 227 – 236, 1995.
- FALCÃO, D. COLINVAUX, D; KRAPAS, S.; QUEIROZ, G.; CAZELLI, S.; ALVES, F.; GOUVÊA, G. e VALENTE, E. "A Model-Based Approach to Science Exhibitions Assessment in Museums: A Study Carried out in a Brazilian Astronomy Museum" aceito para publicação em *International Journal of Science Education* em 2003.
- GOUVÊA, G.; ALVES, F. e MARANDINO, M. Programas de Divulgação Científica e Interações Discursivas comunicação oral apresentada no **II Encontro Internacional de Linguagem, Cultura e Educação**, UFMG, 2003.
- LEMKE, J.L **Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores** Barcelona: Paidós 1997
- MERCER, N. **La Construcción Guiada del Conocimiento** Buenos Aires/ Barcelona: Paidós. 1997
- NUSSBAUM, J. Children conceptions of the earth as a cosmic body, **Science Education**, 65 (1), p. 83-93, 1979.
- NUSSBAUM, J. NOVAK, J.D. Na assessment of children's concepts of the Earth utilizing structured interview, **Science Education** 60 (4), p. 535-550. 1976.
- OLIVEIRA, L.A **Imagens do Tempo In: Tempo dos Tempos** Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2003.

G. Queiroz, M. C. Barbosa Lima e M. das M. Vasconcellos

POZO, J.I. E GOMEZ CRESPO, M. A **Aprender y enseñar ciencia** Madrid: Morata, 1998. 331p.

QUEIROZ, G.; VASCONCELLOS, M.M.; KRAPAS, S.; MENEZES, A e DAMAS, E. Saberes da Mediação na Relação Museu-escola: Professores Mediadores Reflexivos em Museus de Ciências. Submetido ao 4º ENPEC Bauru, 2003.

SCENBERG, M. **Pensar Criativo: Natureza e Universo** São Paulo: ECA/USP, 2000

VATTIMO, G. **Para Além da Interpretação**. Rio de Janeiro: ESPAÇO E TEMPO, 2000.

Figuras

Figura 4: Antonio Vivaldi - 1678-1741

<http://www.antonio-vivaldi.org/>

Figura 5:Tela PRIMAVERA de Giuseppe Arcimboldo

<http://www.illumin.co.uk/svank/biog/arcim/arcidx.html>

Figura 6: Iluminura do Duque de Berry –Irmãos Limbourg - 1416

<http://www.kfki.hu/~arthp/html/l/limbourg/>

ANEXO 1 - Sonetos de Vivaldi para os concertos As Quatro Estações (1725)

<p>VERÃO Sol Menor I Allegro non molto "Sotto dura Staggion dal Sole accesa Languè l' huom, languè 'l gregge, ed arde il Pino; Scioglie il Cucco la Voce, e tosto intesa Canta la Tortorella e 'l gardelino. Zeffiro dolce Spira, mà contesa Muove Borea improvviso al Suo vicino; E piange il Pastorel, perche sospesa Teme fiera borasca, e 'l suo destino;"</p> <p>II Adagio e piano - Presto e forte "Toglie alle membra lasse il Suo riposo Il timore de' Lampi, e tuoni fieri E de mosche, e mossoni il Stuol furioso!"</p> <p>III Presto "Ah che pur troppo i Suo timor Son veri Tuona e fulmina il Ciel e grandioso Tronca il capo alle Spiche e a' grani alteri."</p>	<p>VERÃO Sob a dura estação incendiada pelo Sol Dorme lânguido o homem, repousa o rebanho e arde o Pinheiro; O cuco Solta sua voz que tão logo ouvida Libera o canto da pomba e do pintassilgo <u>Zeffiro</u> respira, mas contido Mas súbito se aproxima, disputante e rumuroso o <u>Boreal</u> ; Lamenta-se o pastor: terrível tempestade Ameaça-lhe o seu destino;</p> <p>II Adagio e piano - Presto e forte Não tem repouso seus membros cansados Pelo temor dos raios e dos ferozes trovões E de moscas, e moscardos furioso zumbido!</p> <p>III Presto Lástima! Têm fundamento seus temores: <u>Trovoa e fulmina o céu grandioso</u> Devasta o trigal maduro.</p>
<p>Outono Fá Maior I Allegro "Celebra il Vilanel con balli e Canti Del felice raccolto il bel piacere E del liquor de Bacco accesi tanti Finiscono col Sonno il lor godere"</p> <p>II Adagio molto "Fà ch' ogn' uno tralasci e balli e canti L' aria che temperata dà piacere, E la Staggion ch' invita tanti e tanti D' un dolcissimo Sonno al bel godere."</p> <p>III Allegro "I cacciator alla nov' alba à caccia Con corni, Schioppi, e canni escono fuore Fugge la belua, e Seguono la traccia; Già Sbigottita, e lassa al gran rumore De' Schioppi e canni, ferita minaccia Languida di fuggir, mà oppressa muore."</p>	<p>Outono I Allegro Com danças e cantos o camponês Celebra alegre a feliz <u>colheita</u> E pelo <u>licor de Baco</u> (vinho) Acaba por adormecer no sono o seu prazer</p> <p>II Adagio molto Todos vão se aquietando Inebria a fragrância do ar suave A tantos a <u>estação</u> A um dulcíssimo repouso de um profundo sono</p> <p>III Allegro O caçador ao amanhecer vai à caça Coma armas, trompas e cães se movimentam. Foge a fera e lhes seguem os rastros; Aterrorizada e aturdida Pelos tiros e latidos Ferida tenta escapar, mas dominada morre.</p>
<p>INVERNO Fá menor I Allegro non molto "Aggiacciato tremar trà neri algenti Al Severo Spirar d' orrido Vento, Correr battendo i piedi ogni momento; E pel Soverchio gel batter i denti;"</p> <p>II Largo "Passar al foco i di quieti e contenti Mentre la pioggia fuor bagna ben cento"</p> <p>III Allegro "Caminar Sopra 'l giaccio, e à passo lento Per timor di cader gersene intenti; Gir forte Sdruzziolar, cader à Terra Di nuove ir Sopra 'l giaccio e correr forte Sin ch' il giaccio si rompe, e si disserra; Sentir uscir dalle ferrate porte Sirocco Borea, e tutti i Venti in guerra Quest' é 'l verno, mà tal, che gioja apporta."</p>	<p>INVERNO I Allegro non molto <u>Tremar</u> de frio na neve alva Ao sopro rigoroso do <u>horrível vento</u>, Correr batendo os pés a todo momento E ante o gelo, tiritar, <u>bater os dentes</u>;</p> <p>II Largo Passar junto à <u>lareira</u> os dias calmos e contentes Enquanto a <u>chuva</u> cai em torrentes.</p> <p>III Allegro Caminhar sobre o <u>gelo</u> e a passo lento Cuidadoso pelo temor de cair; Voltar-se abruptamente, escorregar, cair De novo andar sobre o gelo e correr Até que ele rompa e se fragmente; E escutar rugir através das portas de ferro O Siroco, Boreal e todos os ventos em guerra Este é o <u>inverno</u>, estas as suas alegrias.</p>

ANEXO 2 - As Estações do Ano do pintor italiano Giuseppe Arcimboldo (1530-1593)



VERÃO



OUTONO



INVERNO

ANEXO 3 - Poesias sobre as Estações do Ano escritas por Mário Quintana (1906-1994) -Antologia Poética, Porto Alegre: L&PM, 1997

PRIMAVERA	VERÃO	CANÇÃO DE OUTONO	CANÇÃO DE INVERNO
<p>Primavera cruza o rio Cruza o sonho que tu sonhas. Na cidade adormecida Primavera vem chegando. Catavento enlouqueceu, Ficou girando, girando. Em torno do catavento Dancemos todos em bando. Dancemos todos, dancemos, Amadas, Mortos, Amigos, Dancemos todos até Não mais saber-se o motivo... Até que as paineiras tenham Por sobre os muros florido!</p>	<p>Quando os sapatos ringem - quem diria? São os teus pés que estão can- tando</p>	<p>O outono toca realejo No pátio da minha vida. Velha canção, sempre a mesma, Sob a vidraça descida... Tristeza? Encanto? Desejo? Como é possível sabê-lo? Um gozo incerto e dorido De carícia e contrapelo... Partir, ó alma, que dizes? Colher as horas, em suma... Mas os caminhos do Outono Vão dar em parte nenhuma!</p>	<p>O vento assobia de frio Nas ruas da minha cidade Enquanto a rosa-dos-ventos Eternamente despeta-se... Invoco um tom quente e vivo _ o lacre num envelope? - e a névoa, então, de um outro século no seu frio manto envolve-me Sinto-me naquela antiga Londres Onde eu queria ter andado Nos tempos de Sherlock - o Lógico E de Oscar - pobre Mágico... Me lembro desse outro Mário Entre as ruínas de Cartago, Mas só me indago: - Aonde irão Morar os nossos fantasmas?! E o vento, que anda perdido Nas ruas novas da Cidade, Ainda procura, em vão, Ler os antigos cartazes...</p>

ⁱ "O Museu de Astronomia e Ciências Afins (Mast) caracteriza-se como uma instituição de pesquisa em história da ciência e educação; de organização e preservação de acervos instrumentais e documentais relevantes para a história da ciência e de promoção da educação não formal em ciências. Em educação em ciência realizou nos últimos anos investigações sobre os padrões de interação entre professores-estudantes-exposições e as formas de apropriação dos conteúdos das exposições, acompanhando os referenciais teóricos adotados nas pesquisas de ensino-aprendizagem de ciências. Aprofundou também estudos relativos à especificidade educacional dos museus de ciência e tecnologia, enquanto espaços de comunicação e voltados para a educação não formal."(Gouvêa, Alves e Marandino, 2003)

LEARNING FROM ATTITUDES*

Domingos S.L. Soares¹

Abstract: From 1985 to 1989, I worked at the Kapteyn Laboratory - which is part of the Astronomy Faculty of the University of Groningen, The Netherlands – on my doctoral thesis project. During the whole period Prof. Hugo van Woerden was the Chairman of the Laboratory. From my recollections of that time I tell here three episodes in which Prof. van Woerden's attitudes are put in focus.

Keywords: graduation, mastership, memories, The Netherlands, Hugo van Woerden

1. Introduction

How did I come to all of this? Below, a few words on my trajectory to the University of Groningen.

My undergraduate studies were in Physics, pursued in the Federal University of Minas Gerais, at Belo Horizonte, Brazil. One year after finishing my studies, in 1977, I joined the Physics Department of the Federal University in a temporary position, that was turned into a permanent one some years later.

In 1982, I began my master dissertation work under the supervision of Prof. Ramon J. Quiroga, a radio-astronomer, who had joined the Astrophysics Group of the Physics Department some years earlier. Prof. Quiroga is mainly known for his investigations on the corrugations of the HI layer of the Milky Way galaxy. My dissertation's project was dedicated to the study of the dynamics of the local zone, the solar neighborhood. During this work I came inevitably into close contact with earlier and seminal work on the subject by Kapteyn and Oort.

In 1983, I was ready to go into my doctoral project. There was the possibility of support from the Brazilian government for studies abroad. My choice then was easy: I would like to study in the land of Kapteyn and Oort! My application was accepted by the Brazilian agency CAPES. The acceptance was very much eased by the collaboration of the Kapteyn Laboratory and Prof. Robert H. Sanders, that promptly accepted to be my advisor during the first years. Subsequently, I was lucky enough to have the advisory collaboration of Prof. Tjeerd S. van Albada.

By the beginning of September 1985, with wife and daughter, I arrived in Groningen.

I had four years and two months of hard and happy scientific work at the Kapteyn Lab. During this period I got in touch with great scientists in the field. Prof. van Woerden was one of them.

Here I present some of my recollections rightly related to Prof. Van Woerden's

* Editor's Note: In addition to reflections on the ways of specialized teaching, the possibility is opened to another research, a kind of *pedagogy of pedagogy*, the investigation of subliminal procedures by means of which, beyond any particular significance, the building up of a personality is realized and the die is cast on its destiny (Gusdorf, Georges: Pourquoi des professeurs?, Petite Bibliothèque Payot, Paris, p. 10, 1963). Nota do Editor: Al ém da reflexão pelos caminhos do ensino especializado, abre-se a possibilidade de uma outra pesquisa, uma espécie de *pedagogia da pedagogia*, a investigação de procedimentos subliminares por força dos quais, acima de todo conteúdo particular, se realiza a edificação de uma personalidade e se põe em jogo o seu destino.

¹ Physics Department, ICEx, UFMG (dsoares@fisica.ufmg.br - <http://www.fisica.ufmg.br/~dsoares>)

Domingos S.L. Soares

attitudes. They created in my spirit a great sense of respect and admiration. I selected three episodes: Prof. Oort's visit to the Lab, a colloquium on the ozone hole, and the repercussion of Halley's comet appearance in 1986.

2. Oort cloud

Prof. Jan Hendrik Oort came to visit Kapteyn. After a short lunch talk, he was ready for a formal colloquium in the afternoon on one of his most favorite themes: comets.

The ample audience was composed by students and senior astronomers, including many foreign visitors.

The large room was barely illuminated by the lights from the projector. At certain point, as Prof. Oort changed transparencies, he switched also the idiom he was speaking, from English to Dutch. My recollections are not quite clear but I think the possible reason was a transparency with diagrams and some text in Dutch. That might have triggered the unintentional change of language. There was a bit of surprise and astonishment but everybody seemed to expect that he soon would switch back to English as he realized what was happening. But that was not the case. Prof. Oort was deeply involved in his lecture and went on in Dutch. Something ought to be done but who would dare to interrupt him and call his attention to the fact?

Prof. Renzo Sancisi, sitting in the front row, on the left side, made, what seemed an intelligent move to restore normality. He prompted a question to Prof. Oort, in English. The audience, as far as I could judge in the occasion, immediately realized what he was trying to do. Prof. Oort listened to him with great attention, thought for a moment, and answered. In Dutch! It didn't work... Still, something should be done.

Here then came Prof. van Woerden, which was also sitting in the front row, on the right side, in rescue. Taking advantage of his combined authority of being colleague, student, admirer and friend of Prof. Oort, he gently stood up, and said: “— *Jan, you are speaking Dutch. Please, would you switch back to English? We have many foreign guests in the audience.*”

Prof. Oort smiled surprised and said back: “— *Oh, sorry!*” And immediately everything turned into its right course.

3. Ozone hole

An American astronomer, a visitor that had been other times in the Lab and made important collaborative research based on the IRAS data, was giving an abnormally lengthy lunch talk, usually devoted to short talks. His subject was the effect of the CFC compounds on the ozone layer of Earth's upper atmosphere. He had used archive data from an early satellite and after exhaustive and rather intricate analysis came to the conclusion that damages to the ozone content of the atmosphere had lessened and that the ozone hole was even diminishing. The audience listened with a mixture of impressions between surprise and doubt. Anyhow, how could one contest scientific analysis? Only with scientific analysis, of course. But then, the talk was over and the question session began. Prof. van Woerden made the first — and as it came to be, the last question: “— *Did you receive financing from the CFC industry for your research?*”

The speaker, old fellow in the Lab, looked to his questioner, with a light smile, and

after some seconds answered simple and plain: " — *Yes.* "

There was a sort of resignation in his attitude, a resignation to the fact that everything he has been talking about would be put in definite doubt. Indeed, the whole audience laughed at large. The question session was over, as well.

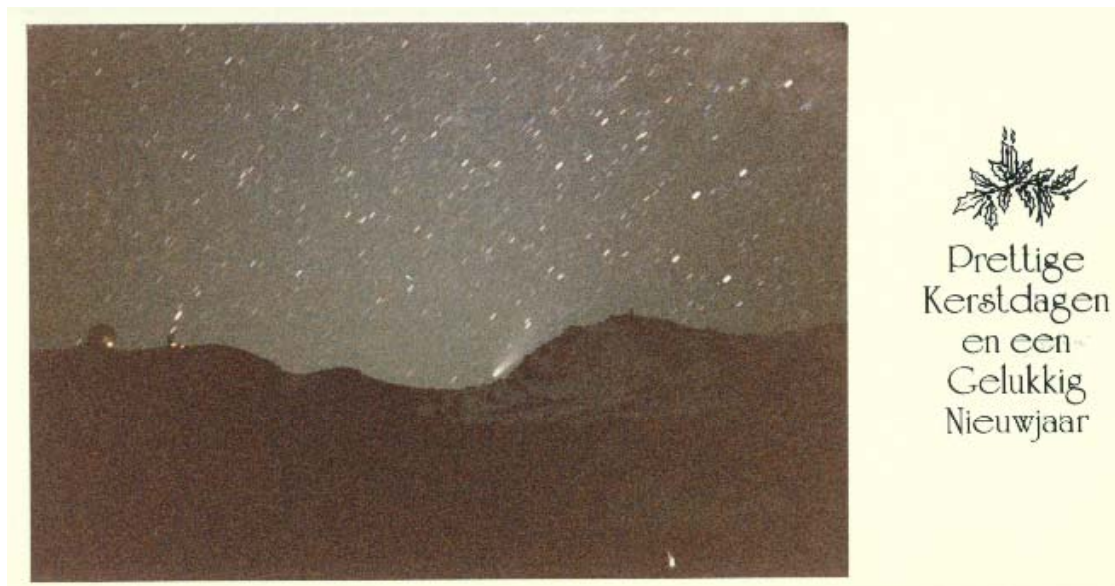
Incidentally, more than 10 years later, an episode like this happened in the University where I work in Brazil. In an interview to the University's news bulletin, a biologist made an unambiguous apology of transgenic vegetables as food supply for humans. Given the precarious stage of research in the field and the absence of conclusive results on the possible effects on human health by the indiscriminate use of transgenic food, I thought that a variant of Prof. van Woerden's question was necessary here. I wrote a reply to the bulletin and asked, mentioning as an antecedent the ozone case: " — *Did you receive financing from the transgenic industry for your research?* "

The text was not published under the allegation of lack of space. There were many replies to the bulletin in response to the controversy raised by the interviewee. In any case, I sent my text to a national-wide electronic news list, organized by the Brazilian Society for the Advancement of Science, where it was publicized.

By the way, I got no answer from the biologist.

4. Halley's comet

Theo A. Jurriens, then a member of the Lab's technical and administrative staff, during a trip to La Palma, took a beautiful photograph of comet Halley, showing up just above the mountains and with a starring background. The photo, later turned into the 1986



Christmas card of the Kapteyn Lab, is shown in Figure 1.

Figure 1: Kapteyn's 1986 Christmas card: photo by Theo A. Jurriens, spring 1986, at La Palma (~28° 45' latitude). The exposure was 2 min.

Prof. van Woerden, motivated by the picture, put forward a prize contest. The one

Domingos S.L. Soares

who extracted as most information as possible from the scene would win the prize.

I must confess that my reply to the contest was not that brilliant: the identification of some stars in the Sagittarius region, speculations about the identification of globular clusters in the neighborhood of λ Sgr, and nothing more. Of course, I was rather curious about many of the features on the picture but did not risk any further comment.

After some weeks, to my surprise, the prize was mine! And not just one but two! Prof. van Woerden was very kind in giving me the prize, in spite of my poor answer, and besides that gave me a second one: a sheet of paper where he listed 8 facts he could extract from the scene!

The manuscript is shown in Figure 2 and its transcription follows. I apologize for any eventual mistakes I might have committed in the transcription.

Prize Contest: Sky Photo from La Palma

1. The slant of star trails, rising to the right, shows stars are rising, not setting, hence we are facing East (roughly). (This is valid for the N hemisphere).

2. Length of star trails is rightly more than 1 mm. Equivalent to 2 min = $0.^\circ 5$. Hence scale of photo: $1^\circ = 2$ or 2.5 mm.

The area shown, 5×12 cm, is then roughly $20^\circ \times 50^\circ$.

3. The striking trapezium in the lower right has an EW diagonal of about 17 mm ~ 7 or 8° .

4. There is a bright glow in the centre of the photograph, slightly rising to the right. This cannot be twilight, that would be flatter along the horizon. It might well be the zodiacal glow. In that case the trapezium would be some 10° or 15° below the ecliptic. The glow is not from Santa Cruz!

5. Since the photograph was taken in spring, and since zodiacal glow is seen, it must be early morning and right ascension must be around 18 or 20 hours. On this basis a scan of a sky atlas is possible.

6. This scan strongly supports identification of the trapezium with σ - τ - ζ - φ Sagittarii. The diagonal τ - φ is about 5° long; hence 1.2 mm $\sim 0.^\circ 35$, suggesting an exposure of only 80 - 90 seconds. The pattern of stars, however, is convincing.

7. The bright star slightly above the mountain ridge, 22 mm from left side, then appears to be α Capricorni. Between α Cap and λ Sgr, I measure 97 mm for $\theta = 29$ degrees [calculated from $\cos \theta = \cos(90 - \delta_1) \cos(90 - \delta_2) + \sin(90 - \delta_1) \sin(90 - \delta_2) \cos(\alpha_1 - \alpha_2)$], hence $1^\circ = 3.3$ mm; 1.2 mm $\sim 0.^\circ 36$.

8. The identification of the zodiacal glow is confirmed; the ecliptic runs through the

Domingos S.L. Soares

5. Concluding remarks

What is a wise man? Why is a man a master to his fellow ones? There are certainly many answers to these questions. I shall not risk myself on any. I shall just finish naively stating that from wise attitudes many lessons are learned. There is no science here, of course.

There is only the admiration and respect for Prof. Hugo van Woerden.

Acknowledgements

I thank my wife Maria de Lourdes S. Soares for her help in the transcription of Prof. van Woerden's manuscript and for recalling some details of Oort's episode. I wish also to thank Dr. Paulo Sérgio S. Guimarães for reading an earlier version of the text and for useful suggestions. Helpful comments from anonymous referees are gratefully acknowledged.

RADIOASTRONOMÍA: UNA MIRADA MÁS AMPLIA

Viviana Bianchi¹

Resumen: La presencia de los cuerpos celestes se conoce gracias a que emiten luz. Pero la luz constituye solo una pequeña parte de un fenómeno mucho más amplio conocido como radiación electromagnética. La representación de todas las clases de radiación como función de su frecuencia se denomina espectro electromagnético. Si solo estudiáramos la parte visual del espectro ignoraríamos una gran cantidad de información. Los cuerpos celestes emiten radiación en todas las regiones del espectro electromagnético, aunque con muy distinta intensidad. Para captar estos datos, los astrónomos deben diseñar nuevos tipos de telescopios que puedan captar la radiación de distintas longitudes de ondas, entre ellos los radiotelescopios, que como su nombre lo indica detectan ondas de radio. El radiotelescopio puede compararse a un aparato de radio familiar. Una estación emisora está enviando información por medio de ondas de radio. El aparato de radio capta estas ondas mediante su antena, la procesa y el receptor reproduce la información (música, etc.) en forma audible. En el campo de la radioastronomía se pueden realizar observaciones interesantes: Radioestrellas, nebulosas, púlsares, galaxias y estrellas lejanas, radiogalaxias, la Vía Láctea, el Sol, Júpiter, etc.

Palabras-clave: Radioastronomía, radiotelescopios, radiación electromagnética y espectro electromagnético

Abstract: *The existence of the celestial bodies is known due to the light they emit. But light is a small part of a bigger phenomenon known as electromagnetic radiation. The representation of all kinds of electromagnetic radiation as a function of its frequency is called the electromagnetic spectrum. If we only studied the visible part of the spectrum, we would ignore a great deal of information. The celestial bodies emit radiation in all the regions of the electromagnetic spectrum, with very different intensity. To capture these data, astronomers design new types of telescopes that capture radiation at different wavelengths, among them the radiotelescopes that, as the name indicates, detect radio waves. The radiotelescope can be compared to a regular radio set. A radio station sends information by means of radio waves. The radio set captures these waves by means of its antenna, processes it and reproduces the information (music, etc.) in audible form. In the field of radioastronomy, interesting observations can be carried out: radio emission from stars, nebulas, pulsars, distant galaxies and stars, radiogalaxies, the Milky Way, the Sun, Jupiter, etc.*

Keywords: Radioastronomy, radiotelescopes, electromagnetic radiation and electromagnetic spectrum

Radioastronomía: Una mirada más amplia

Durante mucho tiempo, el hombre conoció el Universo sólo a través de sus ojos. Pero en las últimas décadas ha sentido el deseo de observar más allá de lo que sus ojos y los telescopios más potentes pueden apreciar.

La presencia de los cuerpos celestes se conoce gracias a que emiten luz. Pero la luz constituye solo una pequeña parte de un fenómeno mucho más amplio conocido como **radiación electromagnética**.

El universo no solo es lo que podemos ver con nuestros ojos, sino que también comprende numerosas radiaciones que resultan imposibles de observar naturalmente y sin ayuda de tecnología. Si solo estudiáramos la parte visual del espectro

¹Grupo Astronómico Don Torcuato

Radioheliometro del Observatorio Nacional de Física Cósmica de San Miguel

Co-coordinadora del foro de radioastronomía de la LIADA

A cargo de la sección radioastronomía de www.cielosur.com. – e-mail: vivianabianchi@educ.ar, viviana_bianchi@hotmail.com

ignoraríamos una gran cantidad de información. La radioastronomía puede ser vista como la confluencia de la radiocomunicación y la astronomía.

Las ondas

Las radiaciones electromagnéticas son un desplazamiento de energía, a través de un fenómeno que conocemos como **ondas**. Hablando en términos generales, una onda es la transmisión de energía que no necesita necesariamente de un movimiento de la materia.

El sonido, las olas del mar, ondas sísmicas, la luz, los rayos x, las ondas de radio son ejemplos de ondas, aunque muy diferentes. Sin embargo, sin tener en cuenta su naturaleza, todas las ondas tienen algunas características generales en común.

Ondas Electromagnéticas

En nuestro caso nos referiremos a las **ondas electromagnéticas**.

Como señalamos anteriormente, la luz visible es solo una pequeña parte del espectro electromagnético. Por orden decreciente de frecuencias (o creciente de longitudes de onda), el espectro electromagnético está compuesto por rayos gamma, rayos x, radiación ultravioleta, luz visible, rayos infrarrojos, microondas y ondas de radio. Las ondas electromagnéticas tienen una serie de parámetros característicos: amplitud, frecuencia y longitud de onda.

Analizando, podemos decir que:

- a. La amplitud, está relacionada con la intensidad de la señal. Por ejemplo, en las ondas sonoras que detecta el oído humano, la amplitud representa la intensidad acústica con que percibimos el sonido.
- b. La frecuencia representa el número de veces por segundo con que oscila la onda electromagnética. En el caso de las ondas sonoras, es el tono con el que percibimos dichos sonidos.
- c. La unidad de medida de la frecuencia es el Hertzio (Hz.), denominada así en honor al físico Frederic Hertz.

Por último la longitud de onda (λ) es un parámetro que relaciona la velocidad de las ondas electromagnéticas (c) con la frecuencia (f) de la siguiente forma:

$$\lambda = c/f \quad c = 300.000 \text{ km/s}$$

A medida que aumenta la frecuencia de una señal electromagnética, disminuye su longitud de onda.

Hasta aquí hemos visto la naturaleza de las señales y sus parámetros principales. Quizás sean datos un tanto técnicos, pero sin duda necesarios para comprender como identifican y reproducen los radiotelescopios.

La velocidad de la luz en el vacío es de aproximadamente a 300.000 Km/s

Las ondas electromagnéticas no necesitan un medio para propagarse. Todas las radiaciones del espectro electromagnético presentan las propiedades típicas del movimiento ondulatorio, como la difracción y la interferencia.

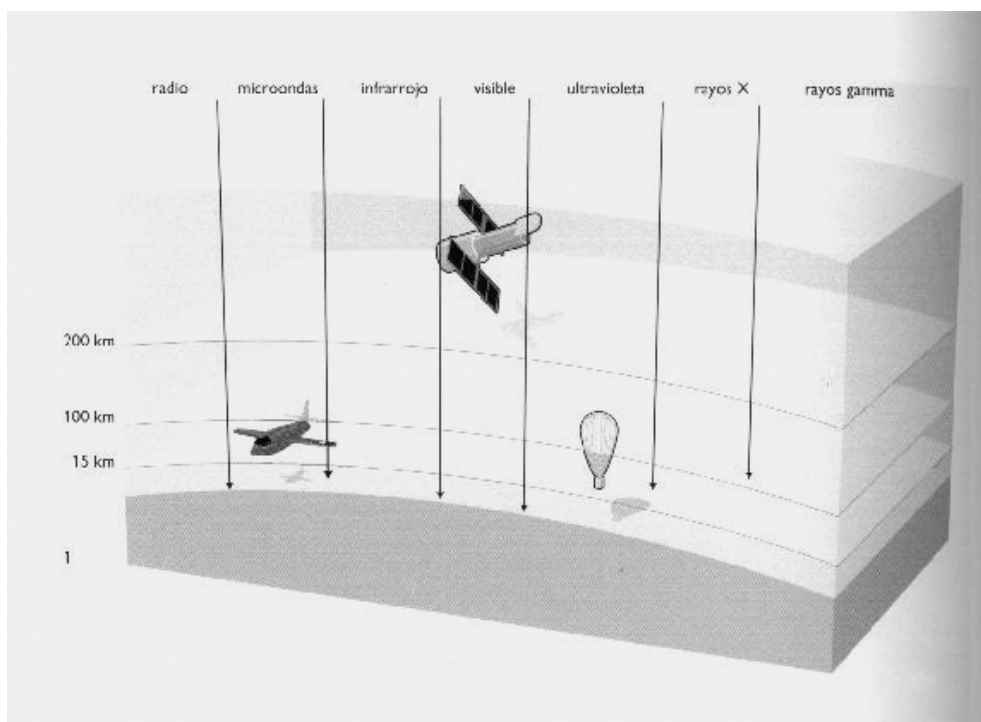


Figura 1 -Llegada a la atmósfera de las radiaciones de diferentes longitudes de onda.

Sabemos que las ondas de radio, al igual que la luz visible, pueden penetrar nuestra atmósfera y llegar a la superficie de la tierra. (Figura 1)

Su historia - Un descubrimiento accidental

El ingeniero estadounidense Karl G. Jansky, detectó accidentalmente mientras trabajaba en Bell Laboratories, en 1932, ruidos provenientes de la región cercana al centro de nuestra galaxia, la Vía Láctea, durante un experimento para localizar fuentes lejanas de interferencia de radio terrestres. La distribución de esta radioemisión galáctica fue cartografiada por el ingeniero Grote Reber, utilizando una antena paraboloide de 9,5 m que construyó en su patio de Illinois. En 1943 Reber también descubrió la largamente codiciada radioemisión del Sol. La radioemisión solar había sido detectada pocos años antes, cuando fuertes estallidos solares produjeron interferencias en los sistemas de radar británicos, estadounidenses y alemanes, diseñados para detectar aviones.

Como resultado de los grandes progresos realizados durante la II Guerra Mundial en antenas de radios y receptores sensibles, la radioastronomía floreció en la década de 1950. Los científicos adaptaron las técnicas de radar de tiempo de guerra para construir diversos radiotelescopios en Australia, Gran Bretaña, Países Bajos, Estados Unidos y la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, y muy pronto se despertó el interés de los astrónomos profesionales.

Fuentes de radioemisión discretas fueron catalogadas en número creciente y, desde la década de los años cincuenta, fueron identificadas muchas radiofuentes como distantes galaxias visibles. En 1963, la continua investigación de radiofuentes muy pequeñas llevó al descubrimiento de una clase de radiofuentes de aspecto estelares

Viviana Bianchi

llamadas quásares, que, debido a que presentaban desplazamientos hacia el rojo de una magnitud sin precedentes, parecían encontrarse a distancias enormes de la Tierra.

Poco después, en 1965, los radioastrónomos estadounidenses: Arno Penzias y Robert W. Wilson anunciaron el descubrimiento de la radiación de fondo de microondas cósmica de 3 K(-270°C), que tiene muchas implicaciones para las teorías del origen del Universo y su evolución. En 1968 se descubrió un tipo nuevo de radiofuente, el pulsar, identificado rápidamente como una estrella de neutrones que gira a gran velocidad.

Durante muchos años, los astrónomos se concentraron en el estudio de longitudes de onda relativamente larga, cercana a 1 m, para las que era fácil construir grandes estructuras de antenas y receptores sensibles.

Al desarrollarse las técnicas para construir estructuras más grandes y precisas, y perfeccionarse los equipos de recepción de onda corta, las bandas de longitud de onda de hasta 1 mm cobraron especial importancia.

Ventanas al Universo

Los cuerpos celestes emiten radiaciones en todas las regiones del espectro electromagnético, con muy distinta intensidad. Además, no toda la radiación puede llegar hasta la superficie terrestre porque la atmósfera absorbe gran parte de ella.

Recordemos que tanto la luz como las ondas de radio son radiación electromagnética y solo difieren en su longitud de onda.

Para captar estos datos, los astrónomos deben diseñar nuevos tipos de telescopios que puedan captar la radiación de distintas longitudes de ondas, El radiotelescopio, trabaja sólo con longitudes de ondas de radio.

Mucho mas de lo que nuestros ojos pueden ver.

En el campo de la radioastronomía se pueden realizar interesantes observaciones:

Gas y Polvo Interestelar

Podríamos creer que el espacio exterior esta poblado solo por estrellas, pues en la noche solo se ve negrura entre esos diminutos puntos brillantes. Esa oscuridad sólo corrobora los límites de nuestra visión.

En realidad el espacio entre las estrellas no está vacío, sino que está ocupado por una mezcla muy diluida de polvo y gas. Ese gas produce emisiones de ondas de radio.

De modo que las radioemisiones celestes provienen principalmente del medio interestelar, pero como veremos mas adelante, hay mucho más.

Este gas suele unirse formando nubes, miles de millones de veces mayores que la tierra.

Estas partículas de polvo que están mezcladas con el gas impiden que la luz de las estrellas distantes llegue a nosotros. Aquí está la ventaja de la radioastronomía sobre el método óptico:

Las ondas de radio producidas por el gas penetran sin dificultad a través de esas gruesas nubes de polvo interestelar y permiten “ver” más allá de ellas.

Radioestrellas

Los restos de supernovas son nubes de fragmentos de estrella que han explotado. Los electrones relativistas producidos en la explosión de una supernova son capturados por el campo magnético que está presente en el lugar de la explosión. Cuando estos electrones giran en espiral alrededor de las líneas del campo magnético, continúan irradiando durante miles de años. En algunos casos, una estrella misma es fuente de radioemisión y se la denomina radio estrella. Otra clase importante de radioestrella comprende los sistemas de estrellas dobles (binarias) que emiten ondas de radio cuando su masa se transfiere de un elemento a otro.

Hidrógeno

Una de las ventajas más importantes del radiotelescopio es que nos puede mostrar donde están situadas nubes de hidrógeno frío. Debido a que el 90% de los átomos del Universo son de hidrógeno esta es una información fundamental.

Este elemento surgió muy temprano en la vida del Universo y podemos decir que a partir de él se ha formado toda la materia conocida (incluyendo al hombre), ya que es el combustible para la producción de energía que hace brillar a las estrellas y para la gestación de otras.

Además de emitir únicamente en radio, el estudio del gas de hidrógeno tiene grandes ventajas. Es posible detectar su emisión en lugares oscurecidos y muy distantes en nuestra galaxia, y lo que es más importante aún, permite medir las velocidades del gas y así estudiar los movimientos en las galaxias.

Las grandes nubes de hidrógeno frío son completamente invisibles para los telescopios normales, debido a que no producen ninguna luz por sí mismas y reflejan muy poco como para detectarse mediante imágenes.

Sin embargo el hidrógeno frío emite radioseñales en la longitud de onda específica de 21 cm, sólo detectables mediante el radiotelescopio.

Materia Oscura

Gracias a las grandes extensiones de la galaxia ocupadas por el gas de hidrógeno, se puede observar el movimiento del mismo a grandes distancias del centro de una galaxia. Sucede que en general el gas (ubicado bastante más allá de las regiones estelares), se mueve mucho más rápido que lo esperado según los cálculos de la cantidad de materia que se conoce y puede detectarse; es decir no hay suficiente masa que explique los efectos gravitacionales sobre el gas, por lo que habría mucha más materia dentro de una galaxia que la detectada.

Surgió así una de las mayores incógnitas conocidas y aún no develadas: la posible existencia de “materia oscura”.

Galaxias y Estrellas Lejanas

Debido a que las señales de radio tienen longitudes de ondas relativamente largas, pueden penetrar las grandes nubes de polvo de las que hablamos anteriormente.

Las ondas luminosas son cortas e interaccionan con el polvo del espacio, se dispersa la luz y no llega a los telescopios ópticos situados en la superficie terrestre.

Viviana Bianchi

En cambio las señales de radio procedentes de los puntos mas lejanos de la galaxia pasan a través de este polvo sin ningún impedimento.

Esta capacidad de las ondas de radio para atravesar esas nubes también es aplicable a la atmósfera de la Tierra. Un radiotelescopio normal puede trabajar 24 hs al día, tanto con tiempo despejado como un cielo nublado.

La detección de radiofuentes débiles es de gran interés. Como sabemos, cuando miramos a las regiones del universo mas alejadas de nosotros las vemos como eran hace mucho tiempo.

Como los radiotelescopios penetran mas lejos que los telescopios ópticos, nos permiten mirar hacia atrás en el tiempo. Obteniendo datos muy importantes para definir el universo en el que vivimos.

Astroquímica

Después del gas de hidrógeno los astrónomos intentaron hallar la emisión de moléculas, de este modo apareció una rama inédita de la ciencia: la astro-química.

Hoy en día se han observado más de 80 especies moleculares, desde el agua, ácido fórmico, monóxido de carbono, etc. , hasta moléculas complejas de 12 átomos. La mayoría contiene en su composición hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y carbono, formando compuestos orgánicos esenciales para la vida.

Nebulosas - Fábrica de Estrellas

Aquellas regiones llamadas Nebulosas, donde el gas se vuelve visible por el calentamiento producido por estrellas jóvenes, sólo son, sin duda, la punta de un témpano para el ojo humano. Grandes nubes moleculares, verdaderas fábricas químicas interestelares, acompañan a estas nebulosas. La materia contenida en estas nubes es suficiente a veces para formar unos 100.000 soles.

Estas regiones moleculares se hallan envueltas en nubes de polvo, que como ya dijimos, se hacen invisible para los telescopios ópticos, pero no para un radiotelescopio.

Radiogalaxias

Las radiogalaxias detectadas son en general lejanas, nada exóticas observadas con un telescopio óptico. Sin embargo, su apariencia en radio es muy extraña: presentan emisiones intensas (producto de chorros de partículas atómicas despedidas desde el núcleo galáctico) extendidas mucho mas allá de la galaxia visible.

Una estrella común como el Sol, emite por segundo el equivalente energético de 3800 millones de bombas atómicas de 20 Megatones. Nuestra galaxia es 300.000 millones de veces mas potente. Las radiogalaxias tienen en general una potencia en radio miles de veces mayor que las de la Vía Láctea. ¿Pueden imaginar el equivalente a la energia emitida por miles de galaxias concentrada en el espacio habitualmente ocupado por una sola?

La mayor parte de esta potencia no se origina en las galaxias mismas, sino en nubes de gases ionizados y recalentados situadas a cientos o incluso millones de años luz de la galaxia madre.

Hoy se cree que existe en el corazón de la galaxia un objeto masivo, colapsado, y con un campo gravitacional tan intenso que ni siquiera la luz puede escapar de él, un

agujero negro. El agujero negro será el responsable de la emisión de enormes cantidades de energía por la materia que está atrayendo hacia sí.

Quasares

En los años 60 la astronomía se vio revolucionada al descubrirse los objetos más distantes del Universo y a la vez los que mayor energía liberan. Los cuásares, o cuasi estrellas.

Vistos a través del telescopio aparecen como estrellas débiles, sin embargo observados con radiotelescopio muestran emisión energética tan intensa como para ser comparable con la de cientos de galaxias. En radio algunos cuásares se asemejan a las radio galaxias, presentando chorros de material radiante muy alejados del objeto central.

Los cuásares muestran desplazamientos hacia el rojo de sus líneas de emisión muy grandes, por lo tanto, se piensa que están a gran distancia de la Vía Láctea.

En 1963 el investigador Cyril Hazard y el Director del Observatorio Parkes en Australia, Bolton, quisieron medir el tamaño angular de una muy intensa radiofuente cercana al ecuador celeste que estaba catalogada como 3C273. Registraron lo que hasta el momento parecía ser una famosa radio-estrella.

Maarten Schmidt, del Observatorio Monte Palomar (California) era uno de los poquísimos astrónomos ópticos que colaboraban con la radioastronomía en USA, así que confiaron en él y le enviaron los datos precisos de posición de la radiofuente que habían encontrado. Con esos datos encontró una débil estrella de magnitud 13, lo que parecía no estar de acuerdo a la intensidad en radio. Sin embargo, Schmidt obtuvo un espectro de la estrella y encontró que las relaciones coincidían exactamente con las que tienen las líneas de la serie de Balmer, pero con el hoy conocido detalle de estar desplazadas inusualmente hacia el rojo. De ahí la denominación primitiva de *quasi-stellar objects* (QSO), después transformada en *cuásar*.

Pulsares

Las estrellas de neutrones magnéticas y en rotación producen haces de ondas de radio que se propagan a medida que la estrella rota. Cuando estos haces barren la tierra se perciben como parpadeos fugaces y regulares de ruido en los radiotelescopios (como si fueran radiofaros). Estos objetos se denominan **pulsares**.

El primer púlsar conocido fue descubierto por casualidad en 1967 por un equipo de la Universidad de Cambridge. La estudiante Jocelyn Bell encontró esos "rarísimos" pulsitos que parecían repetirse cada 24 horas sidéreas. El radioastrónomo Anthony Hewish, premio Nobel de Física y supervisor de Jocelyn confirmó lo que ella encontró.

Habían construido un nuevo tipo de radiotelescopio para observar el centelleo en la emisión de radio de los cuásares. Cuando los teóricos repararon en que los pulsares tenían que ser estrellas de neutrones en rotación, abrieron la vía a otra oleada de investigación sobre objetos muy densos (estrellas de neutrones y agujeros negros).

Se han descubierto unos 1000 pulsares y la cifra sigue en aumento. Su campo magnético es alrededor de 1000 millones de veces más intenso que el de la Tierra.

Los pulsares rotan a un ritmo aproximado de una vez por segundo, los más lentos tienen períodos de varios segundos, pero el más rápido gira sobre su eje más de 600 veces por segundo. Su densidad es tan enorme que si la punta de una lapicera tuviera una densidad semejante su masa alcanzaría más de 90.000 toneladas.

La Via Láctea

Nuestra galaxia, la Vía Láctea, emite ondas de radio como resultado de la radiación de sincrotrón de electrones de rayos cósmicos que se mueven dentro de su débil campo magnético.

La emisión en línea de 21 cm del hidrógeno neutro también se observa en toda nuestra galaxia. Los pequeños cambios en la longitud de onda de 21 cm son producidos por el movimiento de nubes de hidrógeno desde o hacia un observador. Estos cambios son un ejemplo del fenómeno conocido como *efecto Doppler*. Las nubes más distantes del centro de la Galaxia giran alrededor del centro a máxima velocidad y las observaciones del efecto Doppler se utilizan para medir la velocidad y determinar la posición de las nubes de hidrógeno.

De esta forma ha sido posible trazar las formas de los brazos espirales de la Vía Láctea, que todavía no se han observado en longitudes de ondas ópticas. (Figura 2)

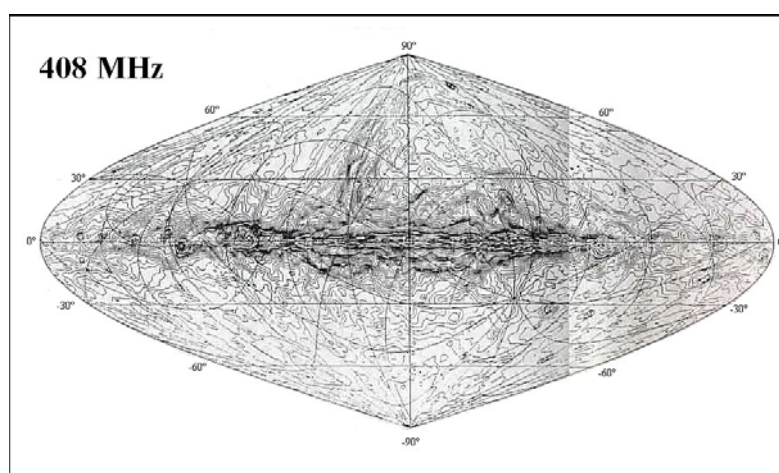


Figura 2 -Imagen de la Vía Láctea en radio en 408 Mhz

Cosmología

Como las radiogalaxias y los cuasares son radiofuentes con tanta potencia, pueden ser detectados a gran distancia. A causa del tiempo que tardan en llegar las señales a la Tierra desde las radiofuentes lejanas, los radioastrónomos pueden ver el Universo como era hace más de mil millones de años, próximo del origen del Universo (la llamada Gran Explosión).

Por desgracia, no es posible determinar la distancia a una radiofuente solo con las radioemisiones, de modo que es imposible distinguir entre una potente fuente lejana y una cercana pero relativamente débil. Solo se puede determinar la distancia si la fuente es ópticamente identificada como una galaxia o un cuasar que tiene un desplazamiento hacia el rojo mensurable. No obstante, de los estudios de la distribución de gran cantidad de radiofuentes, parece que cuando el Universo sólo tenía unos pocos cientos de miles de años, la cantidad de radiofuentes intensas era mucho mayor y sus dimensiones intrínsecas más pequeñas.

Radiofuentes del Sistema Solar - El Sol - Radioheliografía

El Sol es la radiofuente más brillante de nuestro cielo. Su radioemisión es mucho más intensa de lo esperado en la emisión térmica de su superficie visible, que tiene una temperatura de cerca de 6.000°C. Esto se debe a que la mayor parte de la radioemisión observada en longitudes de onda de radio más largas proviene de la atmósfera exterior, mucho más caliente, pero ópticamente invisible con temperaturas de cerca de 1.000.000°C. Además de la emisión térmica, se producen explosiones y tormentas no térmicas, sobre todo durante los períodos de gran actividad de manchas solares, cuando la intensidad de la radioemisión puede incrementarse en un factor de un millón o más en períodos de tiempo de una hora.

La radioheliografía surgió durante la Segunda Guerra Mundial, cuando casualmente los radioperadores captaron señales de origen desconocido, que en determinados momentos impedían completamente la recepción de las comunicaciones. Se atribuyeron en ese momento a interferencias producidas intencionalmente por los alemanes para confundir el sistema de defensa antiaéreo británico. Después se comprobó que provenían de fuertes irradiaciones solares asociadas a grandes manchas en el disco solar.

La gran importancia del estudio de la radioemisión solar reside en que los resultados obtenidos en estas longitudes de onda no repiten la información que da el espectro óptico, sino que dan nuevos conocimientos necesarios para conocer la estructura física del sol.

Es interesante mencionar el observatorio exclusivamente radioheliográfico de Nobeyama, Japón, que opera en 27 GHz con 84 antenas parabólicas de 1 metro de diámetro que obtienen imágenes diarias del sol con resolución de 10 segundos de arco, disponibles para todo el mundo en Internet.

Júpiter

La otra fuente de radioemisión natural no térmica del Sistema Solar es el planeta Júpiter. En longitudes de onda cercanas a los 15 m, Júpiter emite fuertes estallidos de radiación que provienen de regiones relativamente pequeñas, cerca de la superficie de la nube que gira con el planeta. La intensidad de estos estallidos parece estar muy condicionada por la posición del satélite Io. Son fenómenos esporádicos y su captación desde la Tierra tiene mucho que ver con el equipo usado y la habilidad del investigador.

Además Júpiter está rodeado por extensos cinturones de radiación que irradian en la banda de microondas a longitudes de onda menores de 1 metro.

Meteoritos

Su estudio utilizando técnicas de radio da un resultados mucho más ricos que los estudios ópticos.

Los sistemas de observación se pueden automatizar fácilmente, no requiriendo la continua asistencia humana, y el recuento puede realizarse tanto de día como de noche.

Por este medio se puede tomar conocimiento de varios datos importantes: su velocidad, su masa, su radiante y una idea bastante aproximada de su órbita (dato muy importante en el estudio del Sistema Solar, por ser los meteoritos residuos de la época de su formación).

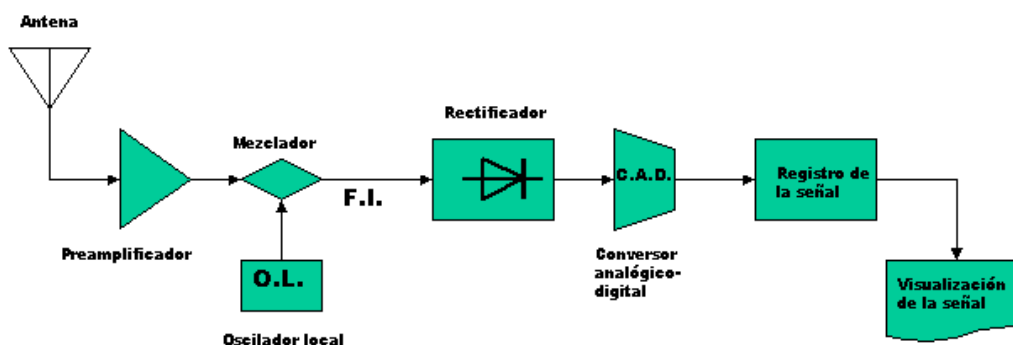
El Radiotelescopio

Consiste normalmente de cuatro partes:

- 1 plato reflector
- 1 antena
- 1 amplificador
- 1 registrador

Estos componentes trabajando conjuntamente, hacen posible a los astrónomos detectar la radiación de radio de objetos celestes.

Las longitudes de onda son relativamente largas, desde 1 mm hasta mas de 1 Km., y los radiotelescopios deben tener una relación adecuada entre el diámetro del plato principal y la distancia focal para enfocar las señales que entran y producir una radio imagen nítida.



ESQUEMA BÁSICO DE UN RADIOTELESCOPIO

Figura 3 – Esquema de funcionamiento de un radiotelescopio

El plato reflector, igual que el espejo de un telescopio reflector, recoge y enfoca la radiación.

Debido que las ondas de radio son mucho mas largas que las de la luz, el plato no necesita ser tan pulido como un espejo.

Una tela metálica funciona bien como reflector de grandes longitudes de onda (en algunos radiotelescopios el reflector no tiene que tener necesariamente forma de plato).

A pesar que el plato puede tener decenas de metros de diámetro, la antena puede ser tan pequeña como una mano. Igual que la antena de un televisor, su única función es la de absorber la energía que transportan las ondas y dirigirlas mediante un cable a un amplificador.

Las partes críticas del receptor están frecuentemente enfriadas a temperaturas cercanas al 0 absoluto para obtener el mayor rendimiento posible.

Luego de la amplificación, la señal llega a un instrumento de registro (papel, cinta magnética, computadora).

Como los astrónomos no pueden ver las ondas de radio, precisan convertirlas en algo perceptible.

Una forma posible consiste en medir la intensidad de la señal en distintos lugares del cielo y dibujar un mapa sobre el cual se señalen los contornos de las áreas que tienen la misma intensidad de señal.

Con nuestros ojos, con una fotografía o con el telescopio, podemos ver simultáneamente detalles de varios objetos presentes en una región amplia. Pero con un radiotelescopio se recoge una única información del lugar. Entonces, para estudiar una cierta región, se la observa varias veces, las necesarias para abarcar el campo de interés. La información se procesa en computadoras, con las que se elaboran los mapas o dibujos de una región.

Para construir estos radiomapas celestes se unen los puntos de igual intensidad de emisión de los átomos o moléculas dentro de la nube gaseosa, y se construyen así las llamadas *curvas de nivel*, semejantes a las isotermas e isobaras de un mapa terrestre.

Un modo de exhibición más apropiado para nuestros ojos consiste en convertir las diferentes intensidades en una graduación de colores o de grises, con una cierta correspondencia entre el color o la escala del gris y la intensidad real observada.

En la actualidad el más grande del mundo tiene 300 mts de diámetro. Debido a sus dimensiones no puede ser sostenido mecánicamente de la forma usual. Por ello se lo ha construido en un valle natural (situado en Arecibo, Puerto Rico, Figura 4). El plato es una delgada superficie metálica apoyada sobre cables que atraviesan el valle, y la antena está colgada de cables desde las torres construidas en tres montañas que rodean al valle. Se ha preferido sacrificar la capacidad de movimiento para poder obtener un tamaño mayor.

Tiene una resolución de 1 minuto de arco aproximadamente, equivalente a la del ojo humano en longitudes de onda de las bandas ópticas.



Figura 4 - Radiotelescopio de Arecibo, Puerto Rico

En cuanto a las interferencias, el radiotelescopio es un receptor de radio extremadamente sensible que puede captar señales de radio miles de veces más débiles que las transmisiones de radio y televisión normales. Les afecta la presencia de emisoras, telefonía celular, radares y satélites artificiales.

Una forma de solucionar este problema es instalar los radiotelescopios tan lejos como sea posible de la civilización. Existe también nueva tecnología para su barrido que minimiza estos efectos.

El Radiointerferometro

Las ventajas que presenta un radiotelescopio son impresionantes. Nos puede revelar parte del Universo que no podemos ver de ninguna otra forma. Sin embargo, debido a su pobre poder separador no puede captar muchos detalles de los objetos que estudia. Tampoco puede localizar con gran precisión la posición de una radiofuente.

Con el fin de mejorar el poder de resolución se ha diseñado *radio interferómetros*, que consisten en dos o mas radiotelescopios que combinan sus señales como si ambas estuvieran viniendo de distintas partes de un gran radiotelescopio.

El sistema tiene el poder separador de un radiotelescopio cuyo diámetro fuera igual que la separación entre los dos platos.

Los radioastrónomos conectan radiotelescopios de Europa, USA, Canadá y Australia, formando un radio interferómetro tan grande como nuestro planeta.

Debido a la imposibilidad de conectarlos mediante cables, registran las señales en cinta magnética conjuntamente con señales horarias procedentes de relojes atómicos. Luego son sincronizadas de acuerdo a las señales horarias y analizadas.

Esta señal combinada de un radiotelescopio de unos 13.000km de diámetro da una resolución extraordinaria.

Este sistema de conectar radiotelescopios separados por muy largas distancias se denomina “Interferometría de Muy Larga Base” (VLBI).

El National Astronomy Radio Observatory (NRAO), ha construido en el distrito de Nuevo México el VLA “Very Large Array”, (Figura 5) un radio interferómetro que consiste en 27 platos parabólicos, cada uno de 25 mts de diámetro, que se mueven sobre vías de ferrocarril a lo largo de tres brazos, distribuidos en forma de Y, y de forma tal que cada uno de los brazos tiene unos 20km de longitud.



Figura 5 - VLA, Nuevo México, USA

Las señales de estos, combinadas mediante una computadora simulan un radiotelescopio de 40 Km. de diámetro.

Cada antena contiene su propio receptor, y las señales de cada receptor son enviadas a un edificio central donde son combinadas para formar la imagen.

Es preciso señalar que este sistema, llamado interferómetro tiene una serie de inconvenientes ya que son mas lentos en recoger información que los radiotelescopios

comunes; el análisis de información es más complejo y la información que producen es incompleta.

Sin embargo son el único medio para poder obtener un buen poder separador.

Desafortunadamente las señales recibidas son increíblemente débiles. La energía recogida por todos los radiotelescopios del mundo (más de 80) sobre los pasados 50 años, es menor que la energía liberada por una gota de lluvia al chocar contra el suelo.

Iar - Instituto Argentino de Radioastronomía



Figura 6 –Antena parabólica del Instituto Argentino de Radioastronomía

Instalado en el Parque Pereira Iraola, se inauguró oficialmente el 26 de marzo de 1966.

Posee dos antenas de 30 mts de diámetro armadas en costillas de aluminio y apoyadas en soportes de acero. (Figura 6) El tipo de montura es ecuatorial, por lo que se mueven en dirección norte-sur, abarcando casi todo el cielo sur; y en la dirección este-oeste de modo que, con los motores sincrónicos que contrarrestan el movimiento de rotación de la Tierra, pueden seguir a una radiofuente en el cielo durante cuatro horas.

Sintonizadas en la frecuencia de 1420 millones de Hertz (una longitud de onda de 21 cm, para la búsqueda de la emisión de hidrógeno interestelar).

Estar situados en el hemisferio sur es un privilegio para los astrónomos. La mayor parte de nuestro cielo es invisible para el hemisferio norte, por lo que algunas regiones muy interesantes solo se ven en radio desde aquí. Por ejemplo la región más interna de nuestra galaxia, incluyendo su centro; las dos galaxias más cercanas a la nuestra: La Nube Mayor y Menor de Magallanes, y la radiogalaxia más cercana: Centauro A.

Proyecto Seti

Los interesados en encontrar otras civilizaciones hablan de la “**Búsqueda de inteligencia extraterrestre**” o SETI (del inglés **Search for Extra Terrestrial Intelligence**). Se supone que podemos establecer contacto con seres extraterrestres por radio o mediante sondas espaciales. Pero lo que estos astrónomos buscan realmente son indicios de *tecnología* extraterrestre. Por ahora la única perspectiva real de encontrar inteligencia extraterrestre se basa en la tecnología disponible en un área específica: la radio.

Viviana Bianchi

A medida que gira la tierra, el radiotelescopio de Arecibo barre una banda del cielo entre el ecuador y una latitud celeste de unos 35 grados. Afortunadamente esta zona contiene muchas de las estrellas que ya se sabe que están acompañadas de planetas. El equipo SETI esta acoplado al radiotelescopio y aprovecha todo instante libre para estudiar cualquier lugar al que apunte el aparato, cuya orientación deciden los radioastrónomos en el curso de sus trabajos habituales.

El Proyecto Seti en Internet - seti@home

Además de necesitar un radiotelescopio con el que detectar señales débiles del espacio, otro gran problema del SETI fue disponer de suficiente tiempo de cálculo en computadoras.

Un modo de solucionar el problema fue el proyecto SETI@home, que congregó mas de un millón de computadoras domésticas a través de Internet para procesar los datos obtenidos del radiotelescopio de Arecibo.

El equipo de SETI@home ofrece a los entusiastas un protector de pantalla que puede instalarse sin costo en cualquier PC. Dicho protector va acompañado de un pequeño programa que descarga una minúscula fracción de datos de Arecibo, de manera que cuando la computadora queda sin uso, el programa emprende el análisis de los datos.

www.setiathome.ssl.berkeley.edu

Proyecto Alma

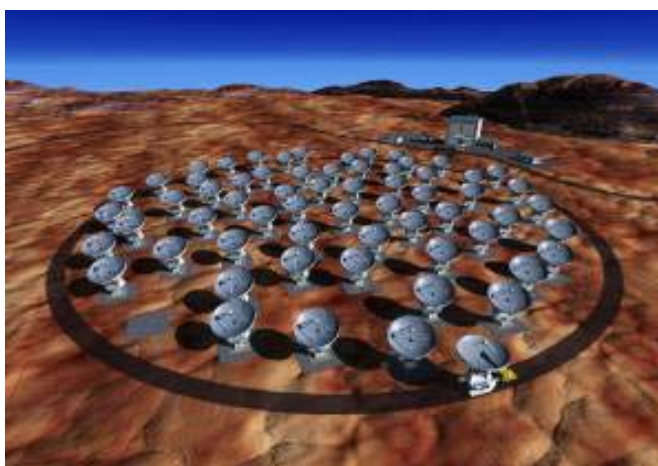


Figura 7 - Representación artística del Gran radiotelescopio Alma, Chile

El Gran radiotelescopio de Atacama, llamado ALMA (Figura 7), es uno de los mas grandes proyectos astronómicos de los próximos años, estará localizado en el llano de Chajnantor, cerca de San Pedro de Atacama, Chile, a una altura de 5.000 metros sobre el nivel del mar.

Chajnantor es un lugar excepcional, posiblemente único en el mundo, para la instalación de un radiotelescopio por las características atmosféricas que presenta el sitio y por su fácil acceso

ALMA está formado por 64 antenas capaces de observar ondas sub-milimétricas, de 12 metros de diámetro, desplegadas en un área de unos 10 Km por 10 Km. . Sus receptores cubrirán longitudes de onda tan pequeñas como 0.3 mm.

Traerá a la astronomía milimétrica y sub-milimétrica la técnica de síntesis de apertura de la radioastronomía, permitiendo obtener imágenes con una precisión en escala de décimos a centésimos de segundos de arco. La riqueza del cielo en longitudes de ondas milimétricas está dada por emisiones térmicas desde gases fríos y cuerpos sólidos, el mismo material que brilla en las longitudes de ondas infrarrojas. Actualmente dichas emisiones cósmicas naturales pueden ser estudiadas sólo desde el espacio con la resolución y sensibilidad limitadas que pueden dar estos pequeños telescopios orbitales.

ALMA es la unión de tres proyectos de radiotelescopios: El Gran Radiotelescopio Austral de Europa (LSA), el Conjunto Milimétrico Estadounidense (MMA), y el Gran Arreglo Milimétrico de Japón (LMSA). Es el primer proyecto realmente global en astronomía.

La construcción de ALMA está planificada para el período 2002-2008.

Glosario

Agujero negro: Objeto tan denso que no permite salir luz ni radiación alguna.

Corrimiento al rojo: Desplazamiento aparente de las líneas espectrales en la luz de un objeto hacia el extremo rojo del espectro.

Estrella de neutrones: Núcleo colapsado de una estrella masiva, compuesto en su mayor parte de neutrones.

Hertzio (Hz.): Unidad de medición que se utiliza para contabilizar la frecuencia.

Pulsar: Estrella de neutrones que gira a gran velocidad emitiendo ráfagas periódicas de energía, una fracción de esta en forma de ondas de radio.

Quásares: Objeto o radiofuente compacto, de aspecto estelar, cuyo espectro manifiesta un notable corrimiento al rojo.

Radioheliografía: Estudio del Sol por medio de las ondas de radio que emite.

Supernovas: Explosión de una estrella de gran masa, durante la cual se pierde gran parte de esta eyectada al medio interestelar.

Referências

ARNAL, Marcelo. **Apuntes**. IAR.

BURNHAM, DYER, GARFINKLE, KANIPE, LEVY. **Observar el cielo II**. Barcelona: Planeta, 1999. 288p

CONDEMINAS I TEJEL, Xavier. **Introducción a la Radioastronomía**.

GRIBBIN, John . **Nuestro Universo, La última frontera**. Gran Bretaña: Ediciones B, 2001. 240p.

LOPEZ, Jesús. **Técnicas de Radioastronomía**. Disponible en:

<http://www.kastor.org.ar/info/radioastronomia/libro/>

Observatorio Nacional de Física Cósmica. **Introducción a la radio heliografía**. Buenos Aires

OSORIO, Augusto. **Radioastronomía**. Buenos Aires, AAAA

Viviana Bianchi

SEEDS, Michael. **Fundamentos de astronomía.**

VARSAVSKY, Carlos. **Astronomía elemental. Una introducción al Universo.**

Kapeluz

Enlaces en la red:

<http://www.udec.cl/~cygnus>

<http://www.iafe.uba.ar/astro/mirabel/mirabel.html>

<http://www.naic.edu>

<http://www.tat.physik.uni-tuebingen.de>

<http://www.jpl.nasa.gov/radioastronomy/index.htm>

<http://www.aoc.nra.edu.intro>

<http://www.iar.unlp.edu.ar>

<http://www.terra.es/personal4/radioastronomia/index.html>

<http://www.members.nbc.com/radioast>

<http://www.ips.oz.au/culgoora/spectro/index.html>

http://www.obs-nancay.fr/quest/index_se.html

<http://www.radiojove.gsfc.nasa.gov>

<http://www.radiosky.com/rspplsr.html>

<http://www.jb.man.ac.uk/~pulsar>

<http://www.vla.nrao.edu/>

<http://wwwlocal.gb.nrao.edu/GBT/GBT.shtml>

<http://fits.cv.nrao.edu/www/astro/astronomy.html>

<http://astronomy.nju.edu.cn/twkp/astrobook/indexbooks.html>

O UNIVERSO DAS SOCIEDADES NUMA PERSPECTIVA RELATIVA: EXERCÍCIOS DE ETNOASTRONOMIA¹.

Érika Akel Fares²
Karla Pessoa Martins³
Lidiane Maciel Araujo⁴
Michel Sauma Filho⁵

Resumo: Este trabalho, desenvolvido no Planetário do Pará através de oficinas com escolas visitantes (públicas, privadas e grupos especiais), promove a popularização da Etnoastronomia, com o objetivo de difundir valores pautados na tolerância à diversidade cultural e na necessidade da convivência harmônica entre o ser humano e o meio ambiente. Através da contação de histórias e promoção de debate, é tratada a relação dos humanos com o céu desde a antiguidade até os dias atuais, tendo como apoio didático o uso de slides. Assim, são mostradas diversas concepções de origem do Universo; algumas constelações criadas no decorrer da História; e a atual forma científica de conhecer e explicar o mundo. Demonstrando-se, então, a interligação entre espaço, tempo e cultura com a visão do Cosmo. Enfatiza-se a necessidade de se pensar o mundo numa perspectiva relativa ou plural, de forma a propiciar o respeito ao ser diferente.

Palavras-chave: etnoastronomia, constelações, diversidade cultural.

***Abstract:** This work developed at the Planetarium of Pará employing workshops designed for visitor schools (public, private, specials groups), promotes the popularization of the Ethnoastronomy with the aim of diffusing values based on a cultural diversity tolerance and the need of harmonic interplay between people and environment. Using stories and debates, the relationship between humans and the Cosmos is traced from antiquity until today, with the help of slides as a didactic resource. Thus, many conceptions about the origin of the Universe are shown; as well as some constellations created along the History, ending with the present scientific manner of know and explain the World. We then demonstrate the links between space, time and culture with the Cosmos vision. The need to think the World within a plural context to create respect for other different persons is emphasized.*

Keywords: Ethnoastronomy, constellations, cultural diversity.

Introdução

O presente trabalho visa proporcionar ao leitor a oportunidade de conhecer uma das atividades pedagógicas desenvolvidas no Planetário do Pará *Sebastião Sodré da Gama*: a oficina “Constelações”, que faz parte da Ação Educativa direcionada a escolas visitantes e ao público em geral.

Esta oficina tem como objetivo promover a popularização da Etnoastronomia, ciência que estuda, por intermédio dos costumes de um povo, os seus conhecimentos astronômicos (MOURÃO, 1995), com o intuito de difundir valores pautados na tolerância à

¹ Trabalho revisto e ampliado após apresentação na 53ª Reunião da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), Universidade Federal da Bahia – Salvador, em 2001.

² Formação em História, estagiária do Planetário do Pará

³ Formação em Letras, estagiária do Planetário do Pará

⁴ Formação em Sociologia, Técnica do Planetário do Pará

⁵ Formação em Geologia, Diretor do Planetário do Pará

diversidade cultural e na necessidade da convivência harmônica entre o ser humano e o meio onde vive.

Através da Etnoastronomia é possível perceber o universo das sociedades numa perspectiva relativa, ou seja, perceber a pluralidade cultural que envolve a construção social da realidade e a conseqüente necessidade de respeitar as diferenças que daí emergem. As constelações, por exemplo, demonstram o quanto a subjetividade do olhar influenciado pelo contexto cultural é preponderante para a formação das estruturas sociais responsáveis pela elaboração e sistematização das diversas formas de conhecimentos que irão nortear a vida dos sujeitos sociais de uma dada sociedade. Quando as pessoas olham para o céu e criam símbolos para resolver seus problemas cotidianos, ocorre aí a exteriorização de todo um universo cultural e imaginário. Portanto, as constelações, para quem as criou e para os povos que delas faziam uso, podem ser entendidas não só como um agrupamento de estrelas, mas como a representação simbólica de um conjunto de valores, crenças e costumes próprios de cada sociedade.

A Construção Social do Céu

Fazendo uma breve retrospectiva da relação do homem com o céu, através da história das constelações europeias, podemos melhor demonstrar o que foi dito anteriormente. Assim, vamos nos encontrar com os povos babilônicos da antiga Mesopotâmia, pois são os primeiros responsáveis por grande parte do conhecimento que se tem hoje das constelações clássicas e dos seus respectivos mitos. Os babilônicos, por sua vez, herdaram seu conhecimento astronômico dos povos sumérios, primeiros habitantes daquela região, dos quais são descendentes. Esta civilização suméria remonta a um período entre 4000 e 3000 anos a.C. (RONAN, 1997), e se destaca pelo alto grau de organização sócio-político-econômica.

A relação do homem com o céu ocorreu, e ocorre, por vários motivos. Há, por um lado, todo o encanto e mistérios, próprio de tudo que é grandioso, instigando a contemplação celeste; e, por outro, existe a necessidade de orientação, que para os povos antigos era fundamental à sobrevivência dos mesmos, visto não disporem de outros meios de localização no espaço e tempo, que não fossem as estrelas.

Pode-se afirmar que tal relação foi, inicialmente, reforçada com a sedentarização dos povos. Há cerca de 8000 anos o homem era caçador, mas começava a desenvolver uma agricultura rudimentar. Dependia, então, dos fenômenos sazonais para a prática da caça, devido à migração dos animais e devido às chuvas para a agricultura. Devido a esta necessidade, percebeu-se que o aspecto do céu era sempre o mesmo para cada estação do ano, surgindo, então, a idéia de relacioná-lo com acontecimentos do dia-a-dia (VIEIRA, 1996).

A orientação foi outra necessidade que motivou o estudo do céu, pois o homem deixara de ser nômade, tinha agora um lugar fixo para onde retornava após o período de caça. Utilizando as estrelas como guia, ele podia se afastar de seu lar na certeza de reencontrá-lo. Nesse momento, surge outra idéia, a de reunir as estrelas em grupos para facilitar o seu reconhecimento, dando origem, assim, às constelações.

Percebemos a necessidade prática das constelações para quem as criou, pois invariavelmente o surgimento delas estava ligado a um fenômeno da natureza ou social.

Assim, observa-se que os caçadores visualizaram no céu: caçadores e caça, por exemplo, a constelação de Órion (figura 01) e a constelação de Leão, um dos símbolos zodiacais; os agricultores, por sua vez, visualizaram constelações zodiacais de Aquário e Virgem; já os pastores, viram as constelações do Boieiro, Capricórnio e Carneiro (VIEIRA, 1996).



Figura 01

Fonte: RANGEL NETTO, Edgar. **O Mapa do Céu.**
São Paulo: FTD, 1993. p.19.

Òrion desafiou Artemis, a deusa da caça que criou um escorpião gigante que caçaria o grande caçador, ao mesmo tempo em que por ele seria caçado. Por isso, essas duas posições opostas no céu estrelado.

Neste momento da nossa História que vai até a antiguidade, foram criadas 48 constelações – chamadas de clássicas – todas carregadas de magia, poesia e encanto. No quadro abaixo, têm-se as constelações clássicas, que simbolizam, individualmente ou em grupo, algum feito heróico de caçadores, agricultores, deuses, semideuses e heróis.

Quadro 1: As Constelações Clássicas, por Região da Esfera Celeste

<p>1- Constelações Boreais (Norte): ANDRÔMEDA – <i>Andromeda</i> ALTAR – <i>Ara</i> ÁQUIA – <i>Aquila</i> BALEIA – <i>Cetus</i> BOIEIRO – <i>Bootes</i> CASSIOPÉIA – <i>Cassiopeia</i> CAVALO MENOR – <i>Equuleus</i> CEFEU – <i>Cepheus</i> CISNE – <i>Cygnus</i> COCHEIRO – <i>Auriga</i> COROA BOREAL – <i>Corona Borealis</i> DELFIM – <i>Delphinus</i> DRAGÃO – <i>Draco</i> FLECHA – <i>Sagitta</i> HÉRCULES – <i>Hercules</i> LIRA – <i>Lyra</i> OFIÚCO – <i>Ophiuchus</i></p>	<p>ÓRION – <i>Orion</i> PÉGASO – <i>Pegasus</i> PERSEU – <i>Perseus</i> SERPENTE – <i>Serpens</i> URSA MAIOR – <i>Ursa Major</i> URSA MENOR – <i>Ursa Minor</i></p> <p>2- Constelações Austrais (Sul): CÃO MAIOR – <i>Canis Major</i> CÃO MENOR – <i>Canis Minor</i> CENTAURO – <i>Centaurus</i> COROA AUSTRAL – <i>Corona Australis</i> CORVO – <i>Corvus</i> ERIDANO – <i>Eridanus</i> HIDRA – <i>Hydra</i> LEBRE – <i>Lepus</i> LOBO – <i>Lupus</i></p>	<p>NAVIO – <i>Argus</i> PEIXE AUSTRAL – <i>Piscis Austrinus</i> TAÇA – <i>Crater</i> TRIÂNGULO – <i>Triangulum</i></p> <p>3 – Constelações Zodiacais: AQUÁRIO – <i>Aquarius</i> BALANÇA – <i>Libra</i> CAPRICÓRNIO – <i>Capricornus</i> CARANGUEJO – <i>Cancer</i> CARNEIRO – <i>Aries</i> ESCORPIÃO – <i>Scorpius</i> GÊMEOS – <i>Gemini</i> LEÃO – <i>Leo</i> PEIXES – <i>Pisces</i> SAGITÁRIO – <i>Sagittarius</i> TOURO – <i>Taurus</i> VIRGEM – <i>Virgo</i></p>
---	---	---

Fonte: ARAUJO, Lidiane M. “A Construção Social do Céu: criando constelações e imortalizando culturas”. In: I Ciclo de Seminários do Planetário do Pará. Belém, 2001.

Na modernidade são criadas as 40 últimas constelações, pois a partir do século XV, com as grandes navegações, os europeus passaram a explorar a parte sul da Terra e, obviamente, da esfera celeste, até então desconhecidas, no caso desta última, devido à latitude. Surgem, então novos grupos de estrelas que são batizadas com nomes, não mais relacionados com o universo mitológico anteriormente citado, mas aos elementos contemporâneos da época. Sendo exploradores e navegantes de uma nova era, vêm no céu constelações da Ave do Paraíso, do Índio, da Bússola, da Serpente Marinha, da Vela, do Microscópio, etc.

Observa-se no quadro abaixo que as últimas constelações criadas não são representadas com a mesma magia e encanto das clássicas. Isto porque o mundo antigo era encantado, as pessoas acreditavam que deuses governavam o universo. Na mitologia grega, como já foi dito, para cada fenômeno da natureza, bem como, para determinadas ações e sentimentos humanos, existia um deus correspondente.

Quadro 2: As Constelações Modernas, por Região da Esfera Celeste

<p>1- Constelações Boreais (Norte):</p> <p>CÃES DE CAÇA – <i>Canes Venaticis</i> CABELEIRA DE BERENICE – <i>Coma Berenices</i> GIRAFA – <i>Camelopardalis</i> MÁQUINA PNEUMÁTICA – <i>Antlia</i> LAGARTIXA – <i>Lacerta</i> LEÃO MENOR – <i>Leo Minor</i> LINCE – <i>Lynx</i> RAPOSA – <i>Vulpelcula</i></p>	<p>GROU – <i>Grus</i> ÍNDIO – <i>Indus</i> MESA – <i>Mensa</i> MICROSCÓPIO – <i>Microscopium</i> MOSCA – <i>Musca</i> OITANTE – <i>Octans</i> PAVÃO – <i>Pavo</i> PEIXE VOADOR – <i>Volans</i> PINTOS – <i>Pictor</i> POMBA – <i>Columba</i> POPA – <i>Puppis</i> QUILHA – <i>carina</i> RELÓGIO – <i>Horologium</i> RETÍCULO – <i>Reticulum</i> TELESCÓPIO – <i>telescopium</i> TRIÂNGULO AUSTRAL – <i>Triangulum Australe</i> TUCANO – <i>Tucana</i> SERPENTE MARINHA – <i>Hydrus</i> SEXTANTE – <i>Sextans</i> UNICÓRNIO – <i>Monoceros</i> VELA – <i>Vela</i></p>
<p>2- Constelações Austrais (Sul):</p> <p>AVE DO PARAÍSO – <i>Apus</i> BURIL – <i>Caelum</i> BÚSSOLA – <i>Pyxis</i> CAMALEÃO – <i>Chamaleon</i> COMPASSO – <i>Circinus</i> CRUZEIRO DO SUL – <i>Crux</i> DOURADO – <i>Dorado</i> ESCUDO – <i>Scutum</i> ESCULTOR – <i>Sculptor</i> FÊNIX – <i>Poenix</i> FORNO – <i>Fornax</i></p>	

Fonte: ARAUJO, Lidiane M. “A Construção Social do Céu: criando constelações e imortalizando culturas”. In: I Ciclo de Seminários do Planetário do Pará. Belém, 2001.

Da modernidade em diante pode-se dizer que o mundo começa a ser desencantado, pois com o renascimento cultural e científico retomam-se algumas idéias originadas no mundo antigo, as quais buscam explicar o universo a partir das leis físicas e matemáticas. Portanto, enquanto os gregos, por exemplo, usavam determinados mitos para explicar determinados fenômenos, na era moderna utilizam-se instrumentos como o telescópio, microscópio e outros. É o início da nossa atual forma de conhecer e explicar o mundo: racional e instrumental.

Esta mudança cultural, ou seja, na forma de cada sociedade se organizar, classificar e praticar sua experiência reflete-se nas simbologias representadas nas constelações modernas. Estas são criadas a partir de imagens obtidas por experiências visuais anteriores concretas, ou seja, representam a natureza em si das coisas, não os supostos criadores dessa natureza. Por exemplo, no quadro das constelações clássicas pode-se ver a constelação do Ofiúco, que faz referência a Esculápio, o deus da medicina; já no quadro das modernas surge a constelação do Microscópio, um dos instrumentos utilizados pela medicina.

Hoje, para os astrônomos, estas constelações designam uma “região da esfera celeste”, usada para orientação dos estudos astronômicos. Assim, mudou-se o significado do termo constelações, pois com a revolução industrial e científica inaugura-se uma nova fase de produção dos bens materiais e simbólicos, necessários à sobrevivência, que dispensa toda aquela simbologia estelar. Mas, o sentido delas continua sendo o mesmo: a orientação, pois as constelações formam o mapa do céu para os astrônomos.

Esta nova concepção de constelações, logicamente, reflete também a visão do mundo Ocidental Contemporâneo. As estrelas são, nas atualidades, nomeadas individualmente por um número, o céu é identificado numericamente. Sírius, por exemplo, a estrela mais brilhante da constelação do Cão Maior (figura 02), que marcava o início das cheias do Rio Nilo e novo ano para os egípcios, é a No. 151.881 do catálogo astronômico (Vieira; 1996). Isto reflete um aspecto marcante da atual sociedade, que é a identificação das pessoas e coisas em geral por um número. Este funciona como uma senha que nos dá acesso ao mundo social.



Figura 02

Fonte: RANGEL NETTO, Edgar.

O Mapa do Céu. São Paulo: FTD, 1993. p.18.

Na constelação o Cão maior encontramos a estrela Alfa do Cão, também conhecida como Sírius a resplandecente a estrela mais brilhante de todo o céu

Desta forma, percebe-se que no decorrer da história das constelações há o reflexo direto da busca humana pelo conhecimento do seu meio físico-natural, necessário à sua

sobrevivência, sendo esta busca marcante em toda e qualquer organização social. Assim, da mesma forma que vimos os povos europeus mapeando o céu para resolverem seus problemas diários, vamos também visualizar isto em outros grupos étnicos.

Como exemplo, têm-se os grupos indígenas com seus próprios saberes astronômicos, como é o caso da comunidade dos Tembê-Tenetehara da aldeia Teko-Haw, localizada na área do alto rio Gurupi, na divisa entre os Estados do Pará e do Maranhão (BARROS, 2004). Numa pesquisa realizada em 1999 por BARROS, registrou-se as constelações criadas por essa comunidade (quadro 03), que podem ser uma rica fonte de conhecimento acerca de sua organização sócio-econômica e de sua cultura. Para ilustrar tal afirmação podemos conhecer a constelação da Wiranu – Ema (figura 03); quando esta aparece começa a estação da seca e então se inicia a época das colheitas. No meio desta estação surge no lado sul celeste a constelação do Mainamy - Beija-flor, indicando a chegada de várias comemorações como, por exemplo, a Festa da Moça, que é um ritual de passagem das jovens índias para a vida adulta (BARROS, 2004). Desta forma, através das representações simbólicas expressas nestas constelações, pode-se conhecer a cultura deste povo que estendeu até os céus as fronteiras amazônicas.



Figura 03

A Wiranu é um grande pássaro que se alimenta dos ovos e outros pássaros. Sua cabeça é formada pela nebulosa escura do Saco de carvão, logo abaixo do cruzeiro o Sul.

Quadro 03: As Constelações Tembé – Tenetehara

WIRANU – <i>Ema</i>
AZIM – <i>Siriema</i>
TAPI' I HAZYWER – <i>Queixo da Anta</i>
TAPI' I – <i>Anta</i>
MAINAMY – <i>Beija-Flor</i>
ZAUXIHU RAGAPAW – <i>Jabuti</i>
YAR RAGAPAW – <i>Canoa</i>
WIRAR KAMIR – <i>Caminho da Cruz</i>

Fonte: BARROS, Osvaldo dos Santos. **Astronomia Indígena dos Tembé-Tenetehara**. Natal: UFRN, 2004.

O Encontro com a Diversidade

Buscar compreender a significação social que cada povo constrói para justificar os seus atos, costumes, valores, crenças, etc, é um ponto chave para se entender a importância do respeito às diversas visões de mundo. As divergências de opiniões e idéias para se explicar, por exemplo, a origem do Universo é natural da espécie humana, pois reflete uma pluralidade de valores e crenças próprios de qualquer indivíduo que tenha um mínimo de liberdade para expressar seus pensamentos, trazendo à tona um aspecto marcante de toda sociedade: a heterogeneidade cultural. Cada cultura, como foi visto, atribui significados, sentidos e destinos à existência humana, balizando as suas próprias regras e constituindo-se de conjuntos de verdades relativas aos atores sociais que nela aprenderam porque e como existir.

O preocupante, porém, e o que justifica este trabalho, é quando se percebe a predominância de uma visão de mundo etnocêntrica, ou seja, o indivíduo acha que a sua forma de apreender e compreender a realidade que o cerca é superior a qualquer outra. Nesta visão, há um grupo do “eu” que tem o mesmo estilo de vida e o grupo do “outro” que vive de forma estranha e exótica, é o “grupo do diferente” como sinônimo de inferioridade. Assim, no pensar etnocêntrico, um determinado grupo social ou indivíduo se vê como centro de tudo e pensa o “outro” a partir dos seus próprios valores e definições do que é existência, culminando na intolerância e no desrespeito ao próximo. Isto causa os choques culturais que levam, em situações extremas, a conflitos, dominação e opressão de uma sociedade sobre outra (ROCHA, 1994).

Quando se observa os malefícios do etnocentrismo, tanto localmente como em escala global, percebe-se a importância e necessidade de trabalhos educativos junto a escolas, como esse desenvolvido no Planetário do Pará. É importante que esses trabalhos trilhem pelo caminho que vai do etnocentrismo à relativização, ou seja, demonstrando que o “outro” não é melhor nem pior, mas apenas diferente.

Por isso, no decorrer da oficina “Constelações”, a relação do ser humano com o céu é tratada desde a antiguidade até os dias atuais, através da contação de histórias e promoção de debates. Tendo como apoio didático o uso de slides, são mostradas diversas concepções de origem do universo, formadas no decorrer da história humana; bem como algumas constelações criadas na Idade Antiga, Média, Moderna e Contemporânea, destacando a

relação das mesmas com o cotidiano das pessoas que viviam nas respectivas épocas; e a atual forma científica de conhecer e explicar o mundo. Demonstrando a interligação entre espaço, tempo e cultura com o conhecimento construído sobre o Cosmo, discute-se questões referentes à forma de convivência das pessoas, atualmente, com seu espaço social e natural. Enfatiza-se, desta forma, a necessidade de se pensar o mundo numa perspectiva relativa ou plural, de forma a propiciar o respeito às diferenças.

Mitos, lendas e teorias são contados com o intuito de mostrar ao público algumas das diversas concepções de origem do universo, acreditando que discutir múltiplas formas de se conhecer uma determinada realidade é um recurso válido para tentar fazer o público perceber que assim como não há verdade absoluta acerca da origem do Universo, da mesma forma não existe, e nem poderia existir, uma única visão de mundo capaz de definir, interpretar e compreender a realidade social e o sentido desta como um todo. Existem, no entanto, verdades construídas de acordo com a cultura de cada povo, fruto da incessante busca humana pelo conhecimento, que é necessária à sua sobrevivência. Pois é característico e fundamental a todo indivíduo querer conhecer a origem e o significado de tudo que o cerca. Esta é uma das principais diferenças entre a aventura do ser humano na Terra e a dos demais seres vivos. É desta forma que o sentido da existência humana vai sendo construído, no decorrer da história das sociedades e de cada pessoa.

Referências:

- ARAUJO, Lidiane M. **“A Construção Social do Céu: criando constelações e imortalizando culturas”**. In: I Ciclo de Seminários do Planetário do Pará. Belém, 2001.
- BARROS, Osvaldo dos Santos. **Astronomia Indígena dos Tembé-Tenetehara**. Natal: UFRN, 2004.
- MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. **Dicionário Enciclopédico de Astronomia e Astronáutica**. 2^a ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995. p. 287.
- ROCHA, Everardo P. Guimarães. **O que é Etnocentrismo**. 11^a ed. São Paulo: Brasiliense, 1994. (Primeiros Passos n° 124).
- RONAN, Colina A. **História Ilustrada da Ciência: das origens à Grécia**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1997. (Volume I).
- RANGEL NETTO, Edgar. **O Mapa do Céu**. São Paulo: FTD, 1993. p.18.
- VIEIRA, Fernando. **Identificação do Céu**. Rio de Janeiro: Fundação Planetário, 1996.