



“Enseñanza de astronomía estelar a docentes en formación en ciencias naturales”

Yolanda Polanco Erazo

**Universidad del Valle
Instituto de educación y pedagogía
Maestría en educación énfasis enseñanza de las ciencias naturales
2017**



“Enseñanza de astronomía estelar a docentes en formación en ciencias naturales”

Yolanda Polanco Erazo

Director:

Edwin García, PhD

**Universidad del Valle
Instituto de educación y pedagogía
Maestría en educación énfasis enseñanza de las ciencias naturales
2017**

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi esposo Nicanor Suárez por su apoyo incondicional, a mis padres, Benjamín Polanco Ariza y Olga Erazo de Polanco porque me enseñaron a vivir, a mis estudiantes de la Institución Educativa de Santa Librada que fueron mi principal motivación hacia la búsqueda de un progreso académico, a mi familia que siempre ha confiado en mí y a mis amigos de la Asociación Escuela de Astronomía de Cali, EAC, por permitirme un espacio para comprender mejor el universo.

AGRADECIMIENTOS

Expreso agradecimientos al Instituto de educación y pedagogía, PEI de la Universidad del Valle, por todo el apoyo brindado durante mi permanencia en la universidad como estudiante de maestría, a mi director de tesis el profesor Edwin García, por todas sus asesorías y comentarios que hicieron posible este trabajo, a la Asociación Escuela de Astronomía de Cali, EAC, porque gracias a los conocimientos adquiridos en dicha institución, tuve las bases para dar inicio a este trabajo, al profesor Marino Hernando Guarín, director de la EAC por sus aportes. Finalmente agradezco a todas las personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo.

INDICE

RESUMEN	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUCCIÓN.....	6
 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	9
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	15
2 ANTECEDENTES	22
2.1 ANTECEDENTES SOBRE DIDÁCTICA DE LA ASTRONOMÍA VISTA COMO LA RELACIÓN ENSEÑANZA APRENDIZAJE.....	22
2.1.1 Alfabetización en Astronomía	22
2.1.2 Cambio conceptual en astronomía: un estudio con maestros de primaria.	23
2.1.3 La didáctica de la astronomía	24
2.2 ANTECEDENTES SOBRE INTEGRACIÓN DE LAS CIENCIAS	25
2.2.1 La astronomía integra la biología y la química.....	26
2.2.2 Catorce pasos hacia el universo	27
3 OBJETIVOS	29
3.1 OBJETIVO GENERAL	29
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
4 MARCO TEÓRICO.....	30
4.1 LA ASTRONOMÍA COMO ESTRATEGIA EN LA FORMACIÓN DOCENTE	30
4.2 EVOLUCIÓN ESTELAR COMO ELEMENTO FORMATIVO.....	32
4.3 ESTRELLAS. ¿QUÉ VEMOS EN EL CIELO?	33
4.4 ORIENTACIÓN EN EL CIELO.....	34
4.4.1 Sistema de referencia de posición.....	34
4.4.2 Coordenadas geográficas	35
4.4.3 Esfera celeste	36
4.4.4 Coordenadas en la esfera celeste.....	39
4.4.5 Cómo orientarse en el cielo.....	40
4.4.6 Herramientas para orientarse en el cielo	42
4.4.7 Herramientas para observar el cielo.....	46

4.5	CONSTELACIONES.....	54
4.5.1	Constelaciones del zodiaco	55
4.6	LA EVOLUCIÓN ESTELAR.....	56
4.6.1	Parámetros estelares.....	56
4.6.2	La naturaleza de las estrellas.....	60
4.6.3	Formación de una estrella	63
4.6.4	Cuando se agota el combustible de la estrella	66
4.6.5	Estrellas muy masivas continúan evolucionando	68
5	ASPECTOS METODOLÓGICOS Y RESULTADOS	70
5.1	CUESTIONARIO APLICADO A DOCENTES EN FORMACIÓN DE CIENCIAS NATURALES.....	70
5.1.1	Validación del instrumento	73
5.1.2	Resultados de la aplicación del cuestionario	75
5.1.3	Análisis de los resultados obtenidos en la aplicación del cuestionario.....	84
5.2	ANÁLISIS DE LIBROS DE FÍSICA	86
5.2.1	Física para ciencias e ingeniería con física moderna	87
5.2.2	Física para la ciencia y la tecnología	91
5.2.3	Fundamentos de Física.....	94
5.2.4	Resultados del análisis de libros de física.....	95
6	PROPUESTA.....	97
6.1	APRENDIENDO A UBICARNOS EN LA BÓVEDA CELESTE	97
6.1.1	Explorando las explicaciones de los participantes.....	98
6.1.2	Reconociendo la ubicación y movimiento del Sol a través de la esfera armilar.....	99
6.1.3	Orientándonos con la carta celeste.....	101
6.1.4	Ubicándonos a través de un programa interactivo	102
6.1.5	Aspectos históricos de la observación	103
6.2	UTILIZANDO INSTRUMENTOS DE OBSERVACIÓN.....	106
6.2.1	Explorando las explicaciones de los participantes sobre objetos nebulosos.....	106
6.2.2	Observando algunos objetos nebulosos con el telescopio	108
6.2.3	Explorando explicaciones de los participantes sobre asociaciones de color y temperatura	109
6.2.4	Realizando registros espectroscópicos.....	110
6.2.5	Aspectos históricos de la espectroscopia	113
6.3	COMO EVOLUCIONAN LAS ESTRELLAS	116
6.3.1	Explorando sobre explicaciones de los estudiantes	117

6.3.2	Análisis de un diagrama H-R de un cúmulo abierto	118
6.3.3	Realizando un modelo a escala de una estrella y de sus cambios.....	119
6.3.4	Comprobando teorías sobre supernovas	120
CONCLUSIONES.....		124
REFERENTES BIBLIOGRÁFICOS.....		127
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS.....		128
ANEXO.....		131

ENSEÑANZA DE ASTRONOMÍA ESTELAR A DOCENTES EN FORMACIÓN DE CIENCIAS NATURALES

Resumen

Se presenta una propuesta de enseñanza de astronomía estelar a maestros en formación en ciencias naturales relacionada con educación en astronomía, con la finalidad de articular los conceptos de las ciencias naturales con la astronomía. Se toma la estrella como base y a partir de la comprensión de su estructura y evolución relacionarla con conceptos fundamentales de ciencias naturales, que se irán abordando en la medida que se requieran. La implementación de las actividades propuestas tiene la intención de generar en el docente de ciencias ideas fundamentales sobre el tema, que le permitan abordarlo con confianza en sus clases, de tal manera, que se promueva en los jóvenes estudiantes el conocimiento sobre la naturaleza del universo y la reflexión sobre su propia naturaleza. Se han considerado tres elementos importantes, la orientación en el cielo, la utilidad de algunos instrumentos para la observación y estudio de las estrellas y la evolución estelar, se incluyen actividades de observación, experimentación y lectura reflexiva, para brindar al docente en formación diferentes formas de disfrutar del aprendizaje de este tema tan importante en el campo de la astronomía.

Palabras clave: Estrella, evolución estelar, formación docente en ciencias naturales

TEACHING STELAR ASTRONOMY TO SCIENCE STUDENT TEACHERS

Abstract

This Work is about teaching stellar astronomy for students to teachers in science relating with education in astronomy, in order to articulate some concepts of science with the astronomy. Star is the base here, to understand its structure and evolution is related with fundamental concepts of science, they are going to approach in the way that it is required. The implementation of this proposal has the intention to give ideas about this theme, that let the teacher talk about it with confidence and to promote in the students learning about the nature of the universe and to reflect about his or her nature. There are three important elements, orientation in the sky, some instruments for observation and experimentation and stellar evolution, it including activities of observation, experimentation and reflexive lectures in order to give students to teacher's different ways to enjoy the learning about this theme so important in the astronomy

Key words: star, evolution stellar, teaching in science

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la astronomía ha permitido no solo avances tecnológicos y científicos, sino que también ha influido en la manera como concebimos el mundo. Desde el punto de vista social y cultural, las diferentes civilizaciones le han dado una interpretación a su entorno a partir de la observación de la estructura de los cielos y el comportamiento de los astros. Cada vez que se descubren nuevos comportamientos en los cielos se reinterpreta el mundo y se replantea el papel del hombre en el universo.

La física contemporánea ha avanzado vertiginosamente gracias al estudio de la astronomía, la astrofísica nace cuando se descubre la espectroscopia, técnica que permite reconocer la composición, densidad, temperatura superficial y otros parámetros de las estrellas que permitieron mejorar los modelos y las teorías sobre su evolución obligando a los científicos a repensar el modelo del átomo, los orígenes del universo y su estructura. El átomo particularmente deja de ser propiedad de los químicos y pasa a ser parte importante de la física, para dar un vuelco al concepto del mismo. La física del siglo XIX, da paso a los nuevos conceptos que aporta el siglo XX, generando grandes cambios en la concepción misma del universo, sus límites y posibilidades se expanden gracias a la teorización de la física moderna.

No obstante los textos de secundaria para la enseñanza de las ciencias naturales en nuestro país se quedaron con los mismos conceptos del siglo XIX, el átomo por ejemplo se estudia en la clase de química y no se plantea a profundidad en la clase de física, así mismo temas como la espectroscopia y el estudio de estructuras como las estrellas no se tratan en los textos de física, ni

en las aulas de nuestras instituciones educativas. Sin embargo en la vida cotidiana los jóvenes constantemente están viendo noticias que tienen que ver con los nuevos descubrimientos sobre el universo, se habla del telescopio Hubble, de agujeros negros, de encuentros entre galaxias y demás temas que tienen que ver con la astronomía, los cuales a pesar de que no se esclarecen en la clase de ciencias, se convierten en temas cotidianos para jóvenes y adultos al ser escuchados por los diferentes medios de comunicación.

La astronomía es una ciencia que se conecta totalmente con la filosofía pues busca respuestas a preguntas como de dónde venimos, cómo es el universo, de qué se constituye la Tierra y los demás mundos que están por fuera de ella, existe un lugar en el universo que pueda albergar vida?. La astronomía estelar es una puerta al conocimiento científico y a la reflexión del papel que juega el individuo dentro de su entorno, pues no se trata solamente de reconocer estos objetos celestes como entidades productoras de energía, sino también de dar una mirada a su parte histórica desde la observación y la manera como se interpretaron sus posiciones para generar mitologías y modelos cosmológicos.

La astronomía no es del todo ajena a nuestros jóvenes, ellos se interesan por esta ciencia de manera natural. Los docentes en formación en ciencias de la Universidad del Valle tienen una estructura curricular que incluye las ciencias puras, el cálculo, la educación ambiental y la tecnología. Un curso de astronomía estelar les daría herramientas que les permitirían una buena articulación de las ciencias puras y sería una buena oportunidad para que se abran espacios de reflexión en torno a los aportes que en el transcurso de la historia se hicieron basados en el estudio de los parámetros físicos de las estrellas y su evolución.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La enseñanza de las ciencias tanto en el bachillerato como en la universidad se centra en la presentación general de un concepto y la aplicación de ecuaciones o fórmulas para resolver problemas, los cuales no siempre son reales. Por ejemplo, se explica que la Tierra atrae todos los cuerpos de manera natural porque hay una fuerza de gravedad y que la aceleración con que ocurre esa atracción es de 9.8 m/s^2 , entonces seguidamente vienen las ecuaciones: $F = (Gm_1m_2)/r^2$ y $F = ma$ donde m es masa, F es fuerza, r es la distancia entre los cuerpos que interactúan y G es la constante gravitacional: $6.667 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$. Luego vienen los problemas de aplicación de las fórmulas, olvidando, en este caso de qué se trata la fuerza de gravedad como tal y enfocándonos en despejar las variables de la fórmula.

Esta forma de enseñanza hace que no solo se pierdan los conceptos fundamentales sino que perciba la ciencia como algo difícil y poco aplicable a la realidad cotidiana del joven estudiante y dado que el docente tiende a enseñar partiendo de su propia experiencia de aprendizaje, aplicará el mismo estilo de enseñanza, centrándose en el concepto final sin tener en cuenta la historia, ni el contexto de la idea que trata de transmitir a sus estudiantes de tal forma que ellos se quedarán solo con las conclusiones y las ecuaciones de estas conclusiones sin relacionar el concepto con su propia cotidianidad viéndolo como algo muy lejano o ajeno a él.

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Se debe buscar un punto de encuentro entre el conocimiento que se quiere impartir con el estudiante y su propia experiencia, de tal manera que se sienta cómodo con la información que se le suministra y busque respuestas a nuevas preguntas que se generen dentro del ambiente escolar. Para Dewey la enseñanza a los niños debía hacerse a partir de su propia cotidianidad, consideraba importante las relaciones entre la sociedad y la naturaleza a partir de la experiencia, vivencias e intereses de los estudiantes: “Aprender por la experiencia es establecer una conexión hacia atrás y hacia adelante entre lo que nosotros hacemos a las cosas y lo que gozamos o sufrimos de las cosas, como consecuencia. En tales condiciones, el hacer se convierte en un ensayar, un experimento con el mundo para averiguar cómo es, y el sufrir se convierte en instrucción, en el descubrimiento de la conexión de las cosas” (Dewey, 1916, pág. 2). Dewey pedía a los maestros que construyeran un entorno en el que las actividades del niño se pudieran asociar a los conocimientos teóricos y prácticos.

El estudiante no llega al aula sin conocimientos previos, al contrario ya ha tenido experiencias y ha resuelto algunas de sus preguntas dentro de su entorno de manera natural. Es importante entonces que se retomen esos aspectos en la clase para hacer más asequibles los saberes, pues para todos, un conocimiento a partir de nuestras propias experiencias se hace más comprensible. En este sentido el maestro de ciencias debe encontrar qué aspectos de la naturaleza son más vividos por los jóvenes sea que él pueda responder inmediatamente o no. Tanto jóvenes como adultos nos relacionamos con fenómenos celestes, desde niños nos preguntamos, ¿Por qué la Luna no se cae?, ¿por qué el cielo es azul?, ¿Por qué no podemos ir al Sol?, son preguntas

relacionadas con fenómenos que ocurren en el cielo y no en la Tierra pero al hacérsenos familiares se convierten en palancas para impulsar el conocimiento científico en la clase de ciencias naturales.

A pesar de que son muchas las preguntas que se tienen con relación a los fenómenos celestes, la astronomía es solo un capítulo aparte en algunos libros de física en los que se basan los futuros docentes para apropiarse del conocimiento científico. Si tenemos en cuenta no solo la simple observación natural que nos lleva a indagar sobre el cielo y sus cuerpos celestes sino la misma historia de la astronomía como ciencia, ésta debería jugar un papel protagónico en las aulas de clase tanto de jóvenes como de maestros de ciencias naturales.

“La Astronomía fue una de las primeras disciplinas que podríamos llamar “científicas” que generó el ser humano, no hubo ni hay una sociedad sin astronomía, por eso es imprescindible incluir temas de Astronomía en la enseñanza de las Ciencias Naturales, que por lo general, no son abordados por los docentes a pesar que figuran en los diseños curriculares, y una lectura de los mismos permite identificar además contenidos implícitos de esa ciencia que se vinculan estrechamente con otros contenidos de Ciencias Naturales, Tecnología y Ciencias Sociales” (Scassa & Paz, 2014).

En Colombia la astronomía aparece en los contenidos de los estándares básicos de competencias que presenta el MEN, en la básica primaria y en el ciclo 6-7; los temas que se incluyen están relacionados con el movimiento de los cuerpos celestes, la formación y muerte de las estrellas, y la relación entre masa, peso y densidad en diferentes puntos del Sistema Solar, en los demás ciclos aparecen varios temas relacionados con esta ciencia como por ejemplo comportamiento de los gases, transformaciones de energía, estructura atómica entre otros. A parte

de los requerimientos curriculares, están las pruebas PISA, entidad que centra su objetivo hacia las competencias científicas y que nuestro país ha considerado importante para medir el buen desempeño de nuestros estudiantes. PISA considera 3 contextos, personal, social y global y 5 unidades del conocimiento, dentro de la unidad “fronteras de la ciencia y la tecnología” incluye exploración del espacio y estructura del universo. (Ministerio de educación, cultura y deporte; Instituto nacional de evaluación educativa, 2013, págs. 104-105) Sin embargo los docentes siguen sin tomar muy en cuenta estos temas.

Cada día la astronomía hace más presencia en la cotidianidad de los jóvenes, pues el desarrollo de la misma obliga a los medios de comunicación a informar sobre los últimos hallazgos astronómicos de manera masiva, así que se hacen necesarias las bases para interpretar y tomar posiciones con relación a la forma como se está desarrollando esta ciencia. Una razón más para que los docentes consideren la astronomía como tema importante en sus clases.

John R. Percy considera que enseñar astronomía en la escuela es pertinente entre otras razones, porque la astronomía ha sido influyente en lo filosófico y cultural, los calendarios son productos de la interpretación astronómica del mundo, revela un universo inmenso, variado y hermoso (Percy J. R., 2006, pág. 248)

Para Rodolfo Langui y Roberto Nardi los docentes no enseñan astronomía a sus estudiantes porque no están preparados para tocar estos temas con ellos debido a:

- La formación inicial limitada en astronomía a los docentes los lleva a sentirse inseguros para trabajar estos temas

- Estudios en Brasil muestran que muchos profesores de enseñanza “fundamental” no tienen conceptos básicos de astronomía
- Los profesores al recibir cursos en astronomía criticaron su formación por la falta de contenidos de en ésta área y quedaron sorprendidos ante errores presentados en libros didácticos
- Investigaciones internacionales también indican la misma problemática, en países como en España (Langui & Nardi, 2012, pág. 97)

Es importante que los docentes en formación inicial se aproximen a la astronomía de manera que puedan no solo comprender los conceptos de la misma, sino también que la consideren en la integración de la enseñanza de las ciencias naturales. Para que el docente logre aprendizajes significativos en el estudiante se espera que él mismo sea reflexivo de sus propias prácticas y que haga investigación constante, incluyéndose el término investigación acción para referirse a la investigación continuada de parte del docente con la intención de lograr una mejora continua en su ejercicio de docencia. La astronomía como ciencia puede generar un pensamiento reflexivo desde dos puntos de vista, en primer lugar desde la observación innata del hombre hacia el cielo y las preguntas ¿cómo es el universo y cuál es su origen? y en segundo lugar desde la comprensión de su inmensidad en términos de espacio y tiempo con relación a su existencia.

Introducir la astronomía al docente en formación comprende dos aspectos, una que en él se genere un pensamiento más reflexivo al interpretar y comprender aspectos relacionados con eventos astronómicos y que pueda integrar o articular sus conocimientos en astronomía con las

ciencias puras de tal manera que los integre a la práctica de la enseñanza de las ciencias propiciando un aprendizaje significativo a sus estudiantes.

Que el docente aborde la astronomía en la escuela implica reflexionar sobre los conceptos míticos que desarrollaron nuestros antepasados, sus pensamientos interpretativos y comprender cómo la observación y la experimentación se fueron conjugando para que se desarrollaran las matemáticas, la física, la química, la biología y la geología, pero para que esto ocurra es importante que durante su propia formación el futuro docente experimente parte de este proceso pues existe una tendencia natural en él, de enseñar lo que aprendió y de enseñarlo como lo aprendió.

Otro de los aspectos importantes para abordar la astronomía con los docentes en formación es que haya un crecimiento más rápido de esta ciencia en nuestro país. Varias entidades a nivel internacional han promovido la enseñanza de la astronomía como la IAU, Unión Astronómica Internacional, que en 1970 realiza la primera publicación dirigida hacia la educación en astronomía titulada “Material para la educación en astronomía”. También se han realizado discusiones sobre el área de educación en astronomía en espacios como “Simposio en introducción a la enseñanza de la astronomía” en 2007 en California Estados Unidos donde se consideraron temas como la enseñanza de la astronomía dentro del currículo escolar, actividades de observación, uso de la interdisciplinariedad de la astronomía en las aulas, cursos de astronomía para profesores, etc. El proyecto STAR, enseñanza de la ciencia a través de la astronomía usó la astronomía como foco para la enseñanza de contenidos de ciencias y matemáticas, los principios importantes de este proyecto fueron: representación de ideas claves, contenido de conceptos numéricos, aprendizajes significativos con realización de actividades prácticas e identificación de concepciones

alternativas. Integrando estos principios en un programa llamado “Aprender haciendo”, programa de enseñanza de ciencias y matemáticas enfocado en la astronomía que se fue desarrollado a partir de 1985 por un grupo de científicos, profesores de enseñanza media, profesionales del centro de astrofísica *Harvard Smithsonian Center for astrophysics* de Estados Unidos. Otro proyecto importante es el proyecto Astro que involucra cursos de formación continuada en astronomía para profesores en los niveles fundamental y medio, realizado por ASP, Sociedad Astronómica del Pacífico, que desde su fundación en 1984 publica información sobre la enseñanza de la astronomía dirigida a los profesores. (Langui & Nardi, 2012, págs. 86-90)

Teniendo en cuenta la importancia de la astronomía estelar en la enseñanza de la Astronomía y de la ciencia se planteó la siguiente pregunta: **¿Qué aspectos de la astronomía estelar resultan estratégicos para la formación de un docente de ciencias naturales?**

A partir de la pregunta anterior seleccionamos algunos aspectos de astronomía estelar, el papel que juegan los instrumentos en una observación y los fenómenos asociados a la evolución estelar. Se pretende encontrar los campos del conocimiento de la astronomía estelar y actividades que lleven al estudiante a dar cuenta de fenómenos en la estrella que estén asociados a su vida cotidiana y que le permitan un conocimiento significativo para desarrollar unas actividades experimentales fundamentadas en su conocimiento.

Se tuvo en cuenta que existe un curso de educación en astronomía que cuenta con 3 horas semanales durante 17 semanas y esta propuesta se desarrollaría dentro del marco de este curso. Se realizó un cuestionario que se aplicó a los estudiantes de licenciatura en ciencias naturales para

identificar como relacionan los términos de astronomía estelar más importantes y que tanto están familiarizados con el tema. Se realizó una revisión a algunos textos de física que son guías para los futuros docentes de ciencias y con base en esta información se realizó una propuesta que considera los siguientes puntos:

- Posición y distancia de las estrellas: La posición aparente y las distancias
- Parámetros estelares físicos: Tamaño, brillo, luminosidad, movimiento propio, temperatura y color.
- Evolución estelar: formación, evolución y fin de las estrellas

Se espera que la propuesta sea aplicada a los docentes en formación de la Universidad del Valle de tal manera, que tengan la posibilidad de compartir con sus estudiantes este tema dentro de sus clases de ciencias y de permitir una reflexión en torno a los aportes que en el transcurso de la historia se hicieron basados en el estudio de los parámetros físicos de las estrellas y su evolución.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Vincular la astronomía estelar a la formación del docente de ciencias le permitirá encontrar conexiones entre la estructura y vida de las estrellas y nuestra propia naturaleza, generar espacios de reflexión sobre la ciencia, la tecnología, sus explicaciones y las implicaciones sociales de cada descubrimiento alrededor de este tema. Comprender la evolución estelar tiene las siguientes implicaciones:

- Nos conecta directamente con nuestro propio origen pues allí se forman los elementos que conocemos y de los cuales estamos hechos
- Al observar su brillo, escritores y artistas se inspiran y producen reflexiones como la de Antoine de Saint-Exupéry “ me pregunto si las estrellas brillan para que cada uno encuentre la suya” en su maravilloso libro “El principito” (De Saint-Exupéry, 1943, pág. 22)
- A partir de la explicación de su brillo se logra comprender la estructura de la materia.
- Logramos interpretar cómo se comporta la materia en condiciones extremas.
- A partir de la comprensión del origen y evolución estelar se puede llegar a comprender teorías más complejas relacionadas con la cosmología.

“Comprender la naturaleza y evolución de las estrellas nos ayuda a entender y apreciar la naturaleza y evolución de nuestro Sol, la estrella que hace posible la vida en la Tierra. Nos ayuda a entender el origen de nuestro Sistema Solar y de los átomos y moléculas de las que todo, incluyendo la vida, está hecho. Nos ayuda a responder cuestiones tan fundamentales como ¿es posible que otras estrellas produzcan suficiente energía, vivan lo suficiente y permanezcan estables el tiempo suficiente como para que la vida pueda desarrollarse y evolucionar en los planetas que las orbitan?” Por estas y otras razones, la evolución estelar es un tema interesante para los estudiantes. (Percy J. , 2015, pág. 8)

Considerar la evolución de las estrellas dentro de la formación de docentes les generará además de conocimientos particulares sobre su estructura, las condiciones y reacciones que allí se presentan y espacios de reflexión sobre la vida misma, podrá hacer conjeturas basadas en sus

conocimientos sobre posibilidades de vida en otros espacios diferentes al de la Tierra por ejemplo. Si el futuro docente tiene la oportunidad de trabajar temas como la evolución estelar dentro de su misma formación, no solo comprenderá sus procesos implicados sino que tendrá herramientas para guiar a sus estudiantes hacia una visión objetiva sobre el mundo físico, pues la naturaleza no es solo la inmediata sino todo el universo mismo.

Antes se enseñaba sobre animales, plantas, el Sistema Solar y el ciclo de agua y allí terminaban las ciencias naturales. Hoy se trabaja con física, química y biología de manera aislada. Los docentes ven cada tema en sus diferentes materias y así mismo la transmiten a sus estudiantes de manera aislada, como si no hubiera ninguna conexión entre ellas. Si el docente aprende las ciencias de una forma más interrelacionada, probablemente no las fraccione al momento de compartirlas con sus estudiantes, sino que irá enlazando los diferentes conceptos para que sus estudiantes la estudien de forma global.

En los programas de formación docente la evolución estelar sería un tema de articulación y a su vez estaría mostrando unos objetos aparentemente estáticos, que a pesar de parecer lejanos son en realidad muy cercanos a nosotros. Por otra parte, el estudio de la astronomía estelar implica observación de sus efectos y observación a través de instrumentos como telescopios y espectroscopios, lo cual obliga a desarrollar la capacidad de elaborar modelos y representaciones abstractas del universo.

La astronomía como tema es una ciencia que una vez conocida, suele generar gran pasión tanto en profesionales como en aficionados, a los que les permite tener lugar y poder realizar aportes a la comunidad astronómica internacional. Esta ciencia se sigue posicionando cada día

más, no solo en países desarrollados sino aquí en Latinoamérica por ejemplo, aquí en Colombia algunas instituciones han venido trabajando de manera más sistemática incluso con estudiantes de secundaria como es el caso del Gimnasio Campestre que en 1999 crea los centros de estudios dentro de su institución (Gimnasio campestre, 2016) con la finalidad de incentivar la investigación en diferentes niveles, uno de los centros de estudio es el Centro de Estudios de Astrofísica CEAF, en donde los jóvenes que pertenecen al grupo junto con sus maestros realizan proyectos relacionados con Astronomía, dado que el colegio publica una revista llamada Astrolabio donde se recopilan los trabajos de los centros de estudio, los jóvenes después de realizar sus proyectos los publican en dicha revista.

Dos proyectos publicados en la revista Astrolabio son “Radiotelescopios escolares” (García, 2001, págs. 54-56) y “Los ciclos del Sol” (Moreno & Garcia, 2000, págs. 66-68). En ambos trabajos los estudiantes realizan observaciones a través de instrumentos de observación de manera sistemática, generando además de la experiencia vivencial del trabajo, registros y la misma publicación en su institución.

La astronomía ha sido llamada también ciencia espacial con un doble significado: espacio tridimensional para la enseñanza o espacio al que nos referimos al hablar sobre el ambiente existente entre los cuerpos celestes. Investigaciones en Brasil atestiguan la importancia de la espacialidad en la enseñanza de ciencias (Langui & Nardi, 2012, pág. 157)

Desde el punto de vista histórico la astronomía estelar impulsó el conocimiento que permitió conectar el mundo macro con el mundo micro. El análisis sistemático de la luz con instrumentos

como el telescopio y el espectroscopio, generaron modelos sobre la constitución de la materia. Comprender el desarrollo histórico de las conclusiones sobre la materia en su núcleo como tal y su relación con una supernova, un galaxia y un agujero negro le dará elementos al maestro para trabajar sobre la motivación y la curiosidad inicial que tienen la mayoría de las personas con relación a estos objetos.

El estudiante de secundaria con frecuencia pregunta particularmente por los agujeros negros, qué si es verdad que cuando vemos algo lejano estamos viendo el pasado, que cómo es nuestra estrella comparada con las otras, y ahora también algunos están preguntando por los cuásares. Una de las razones por las que surgen estas preguntas tiene que ver con la curiosidad innata que tienen las personas hacia la astronomía, pero también tiene que ver con la popularización de la ciencia que se viene trabajando desde los libros de divulgación científica de autores como Stephen Hawking, Isaac Asimov, Timothy Ferris, Carl Sagan, y la divulgación de noticias relacionadas con estos temas que cada día son más frecuentes. El docente se convierte en un vehículo de divulgación astronómica. En la medida que tenga los elementos necesarios para abordar estos temas con propiedad y sin llegar a ser el astrónomo científico debe introducir esta ciencia con los elementos necesarios que le permitan al estudiante comprender lo básico para interpretar la información que le llega sobre estos temas de manera más precisa.

La astronomía normalmente es enseñada en los colegios pero no como una disciplina sino asociada a la física, por ejemplo cuando se habla de los eclipses del movimiento de la Tierra, de la fuerza de gravedad y prácticamente no se menciona más. En Cali Los grupos de aficionados a la astronomía como ASAFI, ANTARES, Astronomía Didáctica y la Asociación Escuela de

Astronomía de Cali, realizan de manera continua actividades que permiten su divulgación, pero no han trabajado en la enseñanza de esta ciencia. sin embargo algunas universidades han introducido la astronomia como una electiva para sus estudiantes:

A partir del 2005 la Universidad Javeriana incluyó dos electivas de astronomía ofrecidas para todas las facultades, realizo un seminario anual de divulgación hasta el 2010, cuenta con un telescopio de 10 pulgadas y cámara CCD para trabajo académico y está en proyecto la construcción de una cúpula astronómica para el 2018.

La Universidad del Valle ha realizado cursos de astronomía como electivas en algunos de sus programas, ingenierías, topografía y educación en ciencias. Aquí también existe un grupo llamado GEA (grupo de estudios astronómicos) integrado generalmente por estudiantes de física y licenciatura de matemática y física de la universidad. Éste grupo jugó un papel importante entre 1997 y 2002 aproximadamente, ya que sus miembros se preocuparon por realizar observaciones sistemáticas, experimentar, profundizar, gestionar recursos con la universidad y divulgar la astronomía. Actualmente no se observa liderazgo del grupo, pero dado que existen facultades de ciencias, ingenierías y educación en ciencias, el grupo podría resurgir. Por otra parte la universidad del valle en convenio con ASAFI y la Biblioteca Departamental realizaron un Diplomado de astronomía para docentes y particulares en el 2013 y se proyecta su continuidad. La universidad ICESI también cuenta con una electiva de astronomía en la facultad de ingenierías.

Los grupos de Cali básicamente programan conferencias abiertas al público, donde el conferencista presenta el tema de manera expositora y el público hace preguntas con relación al

tema, los temas no siempre llevan un orden determinado sino que se presentan de manera aleatoria. En este sentido se puede decir que hay un enfoque tradicional, donde el docente tiene toda autoridad sobre el conocimiento, transmite dicho conocimiento y el estudiante recibe lo que el docente le ofrece. Algunas veces se programan cursos los cuales sí llevan un orden determinado pero igual el estilo de la clase sigue siendo tipo magistral el docente explica cada tema y los estudiantes escuchan y de acuerdo a las preguntas formuladas se avanza. De esta manera surgen algunas personas que se convierten autodidactas en un determinado tema, después de escuchar algunas conferencias les llama la atención algo por ejemplo planetas extrasolares, astrobiología, Sistema Solar, entonces comienzan a consultar, leer sobre el tema escogido y a preparar conferencias relacionadas de tal forma que se van haciendo “expertos” en algo. Si bien esta experiencia es enriquecedora y algunos aficionados han presentado propuestas de talleres un poco más prácticos, no se observa un dinamismo investigativo entre ellos, es más un interés en la acumulación de conocimiento.

La astronomía en Cali, sigue siendo entonces una actividad de aficionados donde algunos hacen observación más de manera recreativa y otros tratan de hacer algo de didáctica; para que haya una verdadera alfabetización en ciencias astronómicas se requiere de la participación directa de las instituciones universitarias en dos sentidos, una, en sentido pedagógico y otra, en sentido investigativo de tal manera que las bases de esta ciencia se deben introducir en los docentes de ciencias para que a su vez estén preparados para guiar a sus estudiantes en estos temas. Impulsar la astronomía en Cali desde las instituciones educativas a largo plazo permitira que deje de ser solo la afición de unos cuantos y se poseione en la ciudad con un nivel reconocido, igual que como hoy en día se reconocen sus trabajos en física, química y biología.

2 ANTECEDENTES

Dentro de la investigación de la enseñanza de la astronomía a los docentes existen varias propuestas que incluyen la didáctica de la astronomía y la integración de las ciencias a través de la astronomía. A continuación se presentan algunas de ellas

2.1 ANTECEDENTES SOBRE DIDÁCTICA DE LA ASTRONOMÍA VISTA COMO LA RELACIÓN ENSEÑANZA APRENDIZAJE

En estas propuestas los investigadores trabajan con los docentes en formación y en ejercicio a partir de representaciones alternativas y buscan eliminar las imprecisiones que puedan presentarse, generando explicaciones al reinterpretar los fenómenos desde los conceptos científicos

2.1.1 Alfabetización en Astronomía

Es inherente al ser humano la indagación sobre sí mismo y sobre el universo al cual pertenece, por lo tanto siempre habrá un espacio para construir representaciones que le permitan interpretar el mundo y su existencia misma, esa construcción se forja tanto de manera intuitiva, como por la información que vaya ingresando a través del tiempo. Así que todos tenemos ideas y representaciones sobre el mundo físico, pero con frecuencia la intuición nos juega una mala pasada por ejemplo con la sola observación de unos dos o tres días podríamos asegurar que estamos en el centro del universo y que todo por fuera de la Tierra gira en torno a ella.

Los docentes de ciencias, sus estudiantes y docentes en formación no escapan a las representaciones alternativas para explicar diversos fenómenos astronómicos. Estudios realizados en varios países muestran que existe una gran variedad de temas de astronomía en los cuales un alto porcentaje de los futuros docentes de la escuela primaria presentan representaciones alternativas, por ejemplo en conceptos relacionados con el ciclo día/noche, fases de la Luna, estaciones, composición y forma del Sistema Solar entre otros. (Gangui, 2006, págs. 24-27).

Los descubrimientos científicos se revelan al común de la humanidad de manera casi simultánea a sus avances, por lo tanto la astronomía como tal ya no es ajena a nadie, otra cosa es que de repente no se comprenda lo nuevo que se está publicando o informando, es allí donde el autor de este artículo hace un aporte apropiado al considerar que los científicos deben contribuir a la formación del docente para que a su vez este tenga los elementos apropiados para generar en sus estudiantes modelos más reales y actualizados de la concepción del mundo físico.

2.1.2 Cambio conceptual en astronomía: un estudio con maestros de primaria.

En la investigación presentada Camino se basa en el constructivismo, aquí se realiza un estudio de caso, donde se analizan las ideas de los maestros sobre los temas día y noche, estaciones y fases de la Luna y con base al análisis los docentes realizaron prácticas que incluyeron el tratamiento de los tres fenómenos incluyendo los siguientes momentos:

- a) Descripción de lo observable cotidianamente desde un determinado lugar geográfico.
- b) Explicación astronómica, cuidando de que la matemática necesaria fuera reducida al máximo posible (proporciones y representación gráfica) y que el uso del pizarrón fuera como apoyatura o síntesis de lo realizado observacionalmente o con material concreto.

c) Reinterpretación de lo observado cotidianamente a la luz de la explicación astronómica.
(Camino N. , 1995, págs. 81-95)

Lo importante de este trabajo es que propone una reestructuración del docente desde el punto de vista conceptual y la búsqueda de un cambio de actitud en la metodología. De acuerdo a lo observado los docentes con los que se realizó la investigación mostraron una marcada tendencia a dar respuestas alternativas a los fenómenos estudiados. Trabajar con los docentes para generar cambios conceptuales a través de una metodología que permita experimentar y percibir los fenómenos estudiados de forma vivencial genera no solo una respuesta más aproximada a la realidad sino también la apropiación de un método más científico, donde el estudiante llega a la respuesta después de observar, organizar lo observado, reportarlo y analizarlo. Si tenemos en cuenta que los docentes ya en ejercicio han pasado por un proceso de aprendizaje y la información recibida sobre los temas presentados debe haber sido basada en los modelos aceptados por las ciencias, se deduce que esta metodología de transmisión de información no es tan eficiente ya que en el diagnóstico no mostraron una buena apropiación del tema. En este estudio se observó también que después de aplicada la secuencia didáctica los docentes dieron respuestas más acertadas.

2.1.3 La didáctica de la astronomía

Esta propuesta considera la didáctica de la astronomía una disciplina de fusión donde la astronomía comprende la relación hombre- universo y la transversalidad cultural y la didáctica

comprende el respeto por la persona y la búsqueda de aprendizajes significativos (Camino N. , 2011, págs. 1-13)

Aquí se retoma la propuesta de Ausuel de buscar un aprendizaje que implique reconstrucción y resignificación del conocimiento, teniendo en cuenta que hay unos momentos más propicios para comprender ciertos conceptos y además el ritmo propio del estudiante se debe sincronizar con los tiempos de los fenómenos astronómicos estudiados, de tal manera que se pueda realizar de forma sistemática la observación, el registro y el análisis de lo observado.

Para responder a esta necesidad se realizaron proyectos que pueden durar meses o uno o más años, entre los proyectos trabajados están: Relojes de Sol, la Luna y el cielo nocturno, astronomía y alfabetización: “imágenes y miradas”. También se reporta un trabajo compartido entre diferentes grupos del Brasil y Argentina en el proyecto “Determinación de la oblicuidad de la eclíptica”

Así mismo como en las ciencias puras la respuesta a una pregunta genera más preguntas, en la investigación educativa pasa lo mismo. El autor menciona cómo a partir de la investigación de los diferentes proyectos surgen preguntas problemáticas y alternativas dejando también la inquietud de realizar trabajos en temas que considera poco tratados como espectros, polvo interestelar y exobiología.

2.2 ANTECEDENTES SOBRE INTEGRACIÓN DE LAS CIENCIAS

Es importante recalcar que las ciencias naturales se han dividido para un estudio más sencillo pero en el fondo son una sola, la astronomía permite integrar las ciencias en el aula. En las

siguientes propuestas se observa, como se pueden integrar otras ciencias alrededor de la astronomía

2.2.1 La astronomía integra la biología y la química

A través de un trabajo de indagación sobre lo conceptual en astronomía se superponen la biología, la física y la química. Esta propuesta fue elaborada por profesores de química, física y biología, en primer simposio de educación en astronomía, en Rio de Janeiro, 2011. Involucraron las materias de química I, astronomía II y biología general, para docentes en formación. Los autores, Rafael Santiago Girola, Marta Susana Santos y, Daniel Alberto Cabezas Ortiz, escogieron la nebulosa de orión como objeto a estudiar considerándolo un laboratorio natural de diferentes procesos físicos químicos y evolución química que pueda llevar a una evolución biológica. A partir de ideas previas se pretendía planificar una investigación donde el docente realiza una pregunta y los estudiantes, consultan, miden, explican, diseñan, crean y concluyen sobre la pregunta planteada. Como conclusión los autores expresan que: “Como resultado de este proyecto, el alumnado podrá argumentar, concluir y determinar lo siguiente: la integración de contenidos astronómicos como recurso didáctico con otras ramas del conocimiento científico. En este caso el concepto teórico fue la naturaleza del medio interestelar donde aparecen regiones muy ricas en diversidad de eventos astronómicos, como por ejemplo la interacción de vientos estelares con nebulosas y otros. Este conocimiento sería alcanzado mediante el planteo de problemas significativos, interrelacionando las tres áreas del conocimiento, logrando de este modo realizar una aproximación a la investigación científica” (Girola, Santos, & Cabezas O, 2011, págs. 1-6)

2.2.2 Catorce pasos hacia el universo

NASE es un programa de postgraduados, que busca educar a los nuevos maestros y reeducar a los actuales en astronomía. Esta entidad en asocio con la Unión Astronómica Internacional (UAI), ha creado un curso para maestros, donde propone actividades de participación activa y observación y cuando es necesario la realización de modelos para comprender mejor los contenidos.

El curso empieza precisamente con el tema, evolución de las estrellas, donde se presenta en forma general cómo es el Sol y las estrellas, cómo producen energía y cómo evolucionan, también muestra la historia, cómo se han hecho estos descubrimientos y se muestran ejemplos de las evidencias presentadas por los astrónomos, finalmente termina con una sugerencia de actividad para los estudiantes:

Los alumnos pueden observar estrellas variables, a través de proyectos como Citizen Sky. Esto les permite desarrollar una variedad de habilidades en ciencia y matemáticas, mientras que hacen ciencia real y tal vez incluso contribuyan al desarrollo de conocimientos astronómicos (Percy J. , 2015, págs. 8-16)

Al finalizar este capítulo, se tratan temas como cosmología, historia de la astronomía, sistema Sol-Tierra- Luna entre otros y retoma la evolución estelar con un capítulo llamado “Vida de las estrellas”, esta última parte es la que considero más importante, porque aquí se presenta de manera didáctica qué actividades son posibles de desarrollar dentro de un aula de clase para que los estudiantes comprendan la diferencia entre magnitud aparente y absoluta, diagrama de HR y los

conceptos de supernova, estrellas de neutrones, pulsares y agujeros negros. Lo que muestra el documento es cómo a partir de experimentos sencillos y la construcción de algunos modelos, los estudiantes pueden llegar a comprender como los científicos llegaron a sus conclusiones con relación a la vida de las estrellas.

En realidad, la mayoría de los libros que hablan sobre evolución estelar no muestran actividades tan puntuales como este documento en la enseñanza de este tema. Como ejemplo menciono las siguientes:

1. Ley inversa del cuadrado: Con lámpara y cartulina con orificio y explicar magnitudes
2. Colores de las estrellas: Con lámparas de diferentes colores, mostrar como al superponer dos colores aumenta la temperatura y se observa otro color
3. Edad de los cúmulos abiertos: examinando fotografías

3 OBJETIVOS

Esta propuesta considera importante incluir la astronomía dentro de la formación del docente de ciencias, con el fin de que más adelante genere en sus estudiantes la oportunidad de un conocimiento más amplio sobre el universo.

3.1 OBJETIVO GENERAL

Promover la astronomía estelar como estrategia para la formación de docentes de ciencias naturales

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar qué campos del conocimiento se relacionan con la evolución estelar que estén asociados a la vida cotidiana del docente en formación
- Identificar las dificultades de los docentes en formación en ciencias con la astronomía estelar
- Identificar en los libros de física aspectos relacionados con la astronomía estelar
- Diseñar estrategias de intervención en el aula tomando como base la evolución estelar

4 MARCO TEÓRICO

La astronomía estelar en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias posibilita espacios que permiten la reflexión sobre la comprensión del universo y la integración de las ciencias. La observación directa del cielo nos orienta y nos muestra figuras imaginarias llamadas constelaciones, que nos sirven para ubicar objetos como cúmulos y nebulosas que al indagar sobre cada uno de ellos, permiten un entendimiento sobre como las estrellas evolucionan y de qué manera esa transformación en ellas está vinculada con nuestro planeta y nosotros mismos.

4.1 LA ASTRONOMÍA COMO ESTRATEGIA EN LA FORMACIÓN DOCENTE

“La astronomía es una disciplina que, dentro de las ciencias naturales, tiene una fuerte identidad y es guía de la cosmovisión de una cultura. Buena parte de sus desarrollos son resultado de la integración con muchas otras disciplinas científicas (Física, Geología, Biología, Química, etc.) y de la mutua influencia en sus cambios y creaciones. Esta característica integral hace que a través del estudio de la historia de la astronomía pueda tenerse una perspectiva de privilegio para analizar la evolución del conocimiento científico, una especie de “eje epistemológico” a través del cual recorrer la historia toda y analizar la forma en que cada comunidad intentó responder aquellas preguntas a través de la ciencia” (Camino N. , 1999, pág. 143)

La formación inicial del docente debe incluir elementos que lo introduzcan a la búsqueda permanente del conocimiento. La historia de la astronomía no solo enseña la manera como pensaban nuestros ancestros sobre el universo, sino que también nos hace reflexionar sobre su actitud frente al conocimiento, una dedicación total para comprenderlo generando tecnología y

ciencia que se fueron enlazando para crear modelos que permitieran la explicación de la forma y evolución del universo y del lugar que ocupamos en él. Comprender nuestro lugar en el universo, en términos de espacio y tiempo puede hacernos más conscientes de que vivir en armonía implica una relación de respeto con todo lo que nos rodea. La preocupación por la forma como se viene explotando nuestro planeta viene desde hace mucho rato, por ejemplo James Lovelock plantea que la Tierra es un ser vivo, en su libro *Gaia*, publicado en 1987. Desde esa perspectiva busca que se forje una sensibilidad hacia nuestro propio planeta, de tal manera que lo consideremos algo vivo.

Las propuestas donde se busca introducir la astronomía en la educación se sustentan desde tres perspectivas, la primera hace énfasis en que la astronomía es la “madre” de las ciencias pues a través de la observación celeste se busca explicar la organización del universo: segundo, en la medida que se estudia va generando la necesidad de implantar metodologías que llevan al desarrollo de las ciencias básicas y de las matemáticas y tercero, sensibiliza nuestro propio ser en la medida que interpretamos nuestro universo. En este sentido se encuentran propuestas educativas donde la astronomía juega un papel importante en el desarrollo mismo del ser humano. “La inserción de la astronomía en el ámbito de la educación, como una herramienta muy valiosa para la construcción del conocimiento, hace que sea posible definir una disciplina con características propias: la didáctica de la astronomía, que tendrá como rasgos distintivos la transversalidad cultural y disciplinar, la relación Hombre-Universo, el respeto por la persona que aprende y la búsqueda de aprendizajes significativos, herencia de las dos disciplinas de origen” (Camino N. , 1999, pág. 144)

Tal vez el hecho de que se ampliara tanto el conocimiento en los últimos siglos, cada día acelerándose más, generó la propuesta de dividir las ciencias. Si bien ha habido intentos de integrarlas también es cierto que los docentes durante su propia formación aprenden a interpretar las ciencias de manera fraccionada, así pues que al realizar actividades para sus estudiantes replican no solo su conocimiento sino la forma como lo adquirieron.

“Los docentes también tenemos nuestro propio conjunto de ideas previas, no sólo las que construimos cuando niños sino las que día a día seguimos construyendo como conocimiento cotidiano y profesional. Por esta razón debemos estar un paso adelante y preocuparnos por ser conscientes de nuestro propio saber cotidiano y de su relación con el conocimiento científico que como docentes deberemos transmitir en el aula” (Kaufman & Fumagalli, 1999). Entonces brindarle al docente en formación la posibilidad de comprender las ciencias desde la astronomía debe ampliar su panorama en términos comprensivos del universo mismo pero también en la forma como impartirá sus conocimientos científicos a los estudiantes.

4.2 EVOLUCIÓN ESTELAR COMO ELEMENTO FORMATIVO

El brillo y aparente inmutabilidad de las estrellas han sido motivo de inspiración de poetas, pintores y artistas en general, su organización en el cielo forma unas figuras imaginarias que fueron motivo de la creación de una mitología y cosmogonía sobre la naturaleza del mundo de nuestros antepasados. Hoy por hoy se sabe sobre su composición y evolución con más claridad, pero no por eso nuestros artistas las dejan a un lado, al contrario adoptan esa información para hacer nuevas creaciones. Desde la biología y la química también son importantes estos astros, aquí es donde podemos decir que “somos polvo de estrellas” (Carl Sagan), pues las estrellas nacen en nubes de

polvo y gas y su brillo se presenta gracias a que dentro de su núcleo hay reacciones que producen los diferentes elementos que hay en nuestro universo. Cuando una estrella nace produce helio y energía, que en el caso de nuestra estrella, el Sol, una parte de esa producción energética es utilizada por nosotros y nuestra Tierra en cada proceso de supervivencia. Pero la estrella no deja de ser un cuerpo espectacular cuando pierde su combustible para formar helio, al contrario, allí retoma su importancia para nuestras vidas porque de acuerdo a su masa y tamaño puede convertirse en una estrella de neutrones o en un agujero negro, y en caso de convertirse en estrella de neutrones, forma los elementos más pesados que hay en el universo y cuando termina su existencia, sigue siendo algo muy importante pues forma parte de una de las nebulosas que generarán otros sistemas solares.

4.3 ESTRELLAS. ¿QUÉ VEMOS EN EL CIELO?

Desde la antigüedad los humanos hemos observado el cielo, al reconocer agrupaciones de las estrellas de manera espontánea los antiguos se imaginaron figuras de animales y personajes que asociaron con divinidades, creando leyendas alrededor de dichas figuras. De acuerdo a su cultura la figura tenía un nombre y una leyenda determinada, algunas de estas figuras son tan evidentes que están asociadas a leyendas en todo el mundo, ejemplo de estos casos son la Osa Mayor, Escorpión, Pegaso y la Cruz del Sur.

En un modelo ptolemaico, donde la Tierra ocupa el centro del universo, podemos imaginarnos, igual que los antiguos, una esfera de estrellas y objetos celestes que en astronomía de posición se llama la esfera celeste. Al observar el cielo quedamos inmersos en la esfera celeste, allí nosotros quedamos ubicados en un centro rodeado de todos los astros de nuestra esfera

imaginaria. No importa donde estemos ubicados siempre vamos a ver a nuestro alrededor una esfera donde en sus límites imaginarios estarán las estrellas, sin embargo, una persona en el Polo Sur verá una esfera diferente a la que está en el Polo Norte y a su vez ésta esfera será diferente de la que observe alguien en el Ecuador.

4.4 ORIENTACIÓN EN EL CIELO

Qué significa orientarse y por qué son importantes los sistemas de referencia

Orientarse en un espacio determinado es identificar sus características particulares, las cuales se utilizan como referentes para hacer un reconocimiento del entorno donde estemos ubicados. Si estamos en nuestra habitación, reconocemos, su entrada, su salida, cada objeto que allí se encuentra y tenemos consciencia del espacio donde estamos y a su vez sabemos en qué lugar de la casa se encuentra la habitación. Igualmente al encontrarnos en una calle de la ciudad, reconocemos nuestra ubicación dentro de ella y así sucesivamente podemos ubicarnos en nuestro país y planeta. El cielo se vuelve importante en nuestro espacio en el momento que lo reconocemos como parte de nuestro entorno, así que empezamos a observar cómo se mueve el Sol, la Luna y los grupos de estrellas a los que hemos llamado constelaciones.

4.4.1 Sistema de referencia de posición

Un sistema de referencia de posición contiene las convenciones relacionadas con la ubicación del observador con relación a los objetos a su alrededor. Todo sistema de referencia tiene un plano de referencia y una línea o punto para medir las coordenadas del punto a ubicar.

Los sistemas de referencia utilizan sistemas de coordenadas, como por ejemplo el sistema de coordenadas tridimensional cartesiano x-y-z: Ya que el espacio tiene tres dimensiones, se ubican tres coordenadas, en tres direcciones y seis sentidos. En la imagen de la figura No 1 se observa el sistema de coordenadas en las 3 direcciones mencionadas, para describir la posición del punto se miden las coordenadas x, y, z con relación al origen que será el punto cero o punto de referencia para los 3 ejes

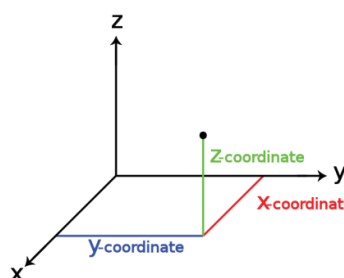


Figura No 1: Sistema de coordenadas de 3 ejes. El punto de referencia está en la intersección de los 3 ejes (Matematicas1univia, 2012)

4.4.2 Coordenadas geográficas

Las coordenadas geográficas utilizan un sistema de coordenadas esférico, que se compone de dos parámetros, longitud y latitud. Para medir la longitud se parte del centro de la Tierra tomando como referencia el meridiano cero que pasa por Greenwich y en sentido Este u Oeste se mide el ángulo 0° hasta 180° . La latitud es el ángulo que se forma desde el centro de la Tierra sobre el Ecuador hacia el Norte o Sur según sea el caso y va de 0° a 90° Latitud Norte o latitud Sur. Figuras No 2 y No 3

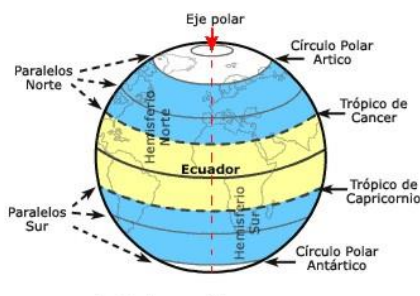


Figura 2: Esfera terrestre y sus paralelos. Los paralelos permiten medir la latitud Norte o Sur. (González Tortosa, 2007, pág. 35)

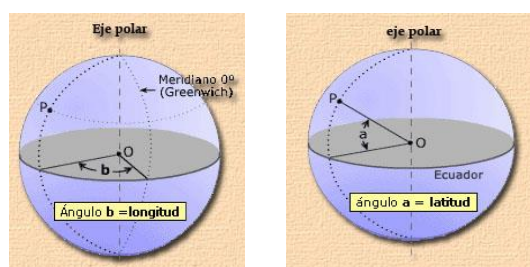


Figura No 3: Punto de referencia para medir los ángulos de la longitud y latitud en la Tierra. (González Tortosa, 2007, pág. 35)

4.4.3 Esfera celeste

La esfera celeste es la esfera imaginaria que nos rodea. Si imaginamos que la Tierra es un punto central de la esfera celeste y prolongamos los puntos y líneas más importantes de su superficie hacia afuera, se establece una correspondencia entre el ecuador de la Tierra y el “ecuador” de la esfera celeste y hay una correspondencia entre los polos celestes con los polos rotacionales norte y sur de la Tierra, las líneas de longitud y latitud se corresponden con las coordenadas celestes conocidas como ascensión recta y declinación. La eclíptica – trayectoria aparente del Sol alrededor de la esfera celeste – queda inclinada formando ángulo con el ecuador del firmamento. (Levy, 1998, pág. 90). En la figura No 4 se observan las líneas más importantes de la esfera celeste

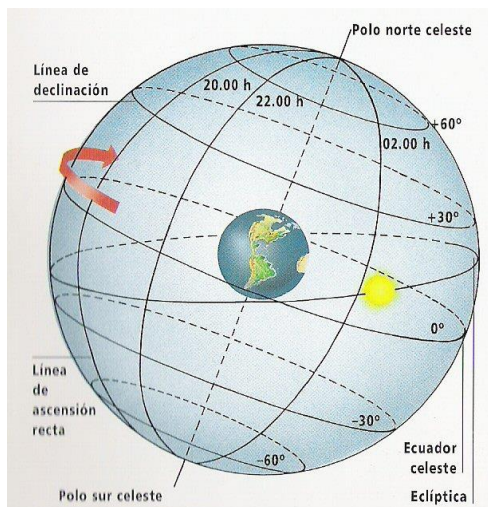


Figura No 4: Esfera celeste y principales líneas para orientarse en ella. (Bela, 2007)

Meridiano local: El meridiano es el círculo imaginario que atraviesa el cenit de norte a sur dividiendo la semiesfera en parte oriental y parte occidental, cuando un objeto se encuentra en este meridiano está en el punto más alto para ese lugar.

Horizonte: El horizonte del observador es la línea aparente que separa el cielo de la Tierra. El horizonte depende del lugar donde se encuentre el observador (Figura No 5)

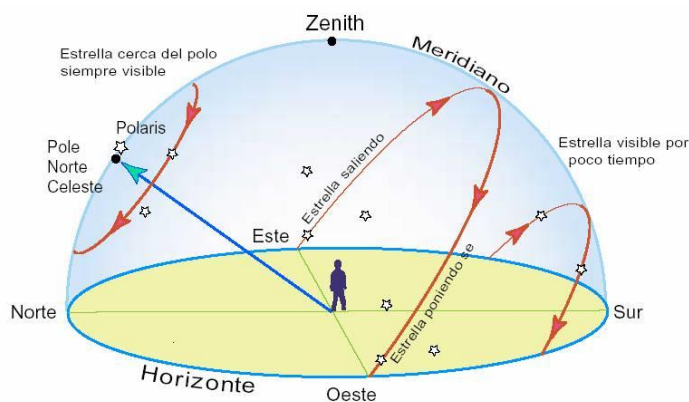


Figura No 5: Horizonte. Un observador de la esfera celeste tiene en su cabeza el Cenit y todo el entorno del suelo será su horizonte. (Física y Astronomía, 2012)

Con el centro como punto de referencia, los círculos, las líneas imaginarias en la esfera celeste y el movimiento aparente de los astros, los astrónomos realizaron mapas del cielo de tal manera que se pueden identificar las diferentes constelaciones en posiciones “fijas”. Dado que la Tierra gira de occidente a oriente, vemos que las estrellas se mueven de oriente a occidente. Otra variante importante es la latitud del observador. Para una persona que esta sobre el Polo Norte la Estrella Polar estará en su Cenit y para una persona que está en el Ecuador las estrellas que pasan por el ecuador se encontraran en su Cenit dependiendo de la hora de observación. Así mismo el horizonte será diferente en cada latitud como lo muestra la figura No 6

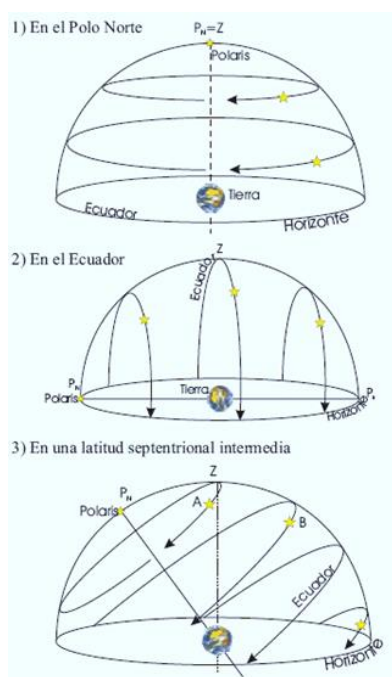


Figura No 6: Horizonte de acuerdo al observador. Un observador en el Polo Norte tiene un Cenit y horizonte diferente al observador del Ecuador. En el Polo Norte la Polar está sobre su cabeza y el horizonte corresponde al Ecuador. En el Ecuador la Polar se encuentra en el horizonte del observador en dirección norte y el ecuador pasa por su cabeza. La Polar se observa a la altura que corresponde a la latitud del observador (Desconocido, s.f.)

Eclíptica: La eclíptica es la línea que describe el camino aparente del Sol durante al año. A medida que la Tierra hace su recorrido alrededor del Sol se describe una línea que forma un ángulo

de $23^{\circ} 27'$ con respecto al plano de la línea del ecuador celeste, que muestra donde se encuentra el Sol respecto a la panorámica de la esfera celeste. (Ver figura No 7)

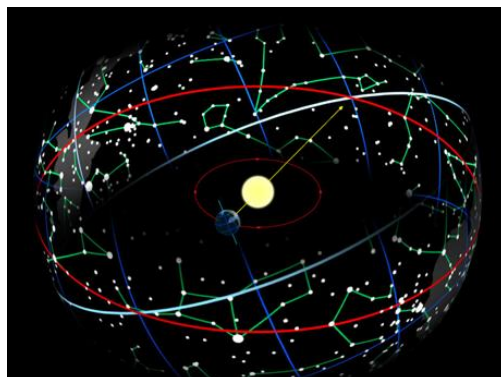


Figura No 7: El movimiento de la Tierra alrededor del Sol hace que no siempre se observe el mismo cielo. (Pirulo cósmico, 2012)

4.4.4 Coordenadas en la esfera celeste

Los sistemas de coordenadas celestes dependen del punto y plano de referencia. A continuación se describen dos sistemas de coordenadas celestes:

Sistema de coordenadas ecuatoriales

El sistema de coordenadas ecuatoriales dice la posición de los cuerpos celestes con relación al Ecuador Celeste y al Punto Vernal.

Ascensión recta: Para medir la ascensión recta se toma como punto de referencia el punto Vernal que corresponde al Punto Aries, hacia el este a lo largo del ecuador celeste. El Punto Vernal es el punto donde se corta el plano de la eclíptica con el plano del ecuador celeste y coincide con el equinocio de primavera. La ascensión recta se mide igual que la longitud en la Tierra y se puede expresar en grados o en horas, tomando 360° como equivalente a 24 horas, es decir una

hora equivale a 15° .

Declinación: La declinación es análoga a la latitud en la Tierra, se mide en grados igual que en la Tierra, tomando como referencia el ecuador, solo que ahora se llama el Ecuador Celeste, desde el Ecuador hasta el Polo Norte hay 90° + y desde el Ecuador hasta el Polo Sur hay 90° .

Sistema de coordenadas horizontales

El sistema de coordenadas horizontales, se conoce también como sistema de coordenadas locales, describe la posición del objeto de acuerdo al lugar, fecha y hora del observador, por lo tanto, las coordenadas horizontales de un mismo objeto celeste visto por dos observadores en diferentes latitudes, longitudes, fechas u horas serán diferentes. Este sistema toma como plano de referencia el horizonte del observador y como punto de referencia el punto cardinal Norte.

Azimut: Es el ángulo que mide el observador desde el norte, sobre el horizonte en sentido de las manecillas del reloj hasta la vertical el cuerpo celeste que está observando.

Altura: Es el ángulo medido sobre la vertical, desde el horizonte del observador hasta el cuerpo celeste. Si el ángulo corresponde a 90° decimos que el objeto está en el cenit y su antípoda se denomina nadir. Así que dos observadores en puntos opuestos a la Tierra tendrán de forma intercambiada dichos puntos.

4.4.5 Cómo orientarse en el cielo

Sí miramos hacia el cielo, solo observamos la mitad de la esfera celeste en un momento dado. Esta mitad dependerá de la latitud y hora en la que se encuentre el observador, que para el caso de Cali, dado que está a $3^\circ 27'$, la mitad observada será todo el hemisferio Norte hasta $86^\circ 33'$

al sur del Ecuador. Para ubicar los puntos cardinales existen varias alternativas, algunas de las cuales son las siguientes:

1. Sí logramos ver por donde se oculta el Sol, como sabemos que se oculta hacia el occidente, tendremos una aproximación de dicho punto cardinal. Se debe tener en cuenta que debido a la inclinación de la Tierra, solo hay dos días del año, los días de los equinoccios, en que el Sol sale exactamente por el oriente y se oculta por el occidente, los demás días se desliza hacia al norte en primavera y verano en el hemisferio norte y hacia el sur en otoño y en invierno, mientras que en el hemisferio sur ocurre lo contrario. Lo importante aquí es que a pesar de la desviación, máximo $23,5^\circ$, el Sol se oculta muy cerca del punto cardinal occidente y por esta razón nos sirve de referente.
2. Sí podemos observar la Luna en creciente al anochecer, su cara iluminada debe estar señalando hacia la zona del horizonte por donde se ocultó el Sol, es una forma aproximada de ubicar el occidente.
3. Sí no hay Luna, podemos tener en cuenta que todos los cuerpos se mueven de oriente a occidente, así que observando el desplazamiento de las estrellas quedan identificadas las zonas hacia donde se encuentran respectivamente los puntos cardinales oriente y occidente.
4. Sí estamos observando hacia el norte podemos identificar la Estrella Polar, la cual indica siempre hacia el norte celeste. La estrella Polar es una estrella no muy brillante de la cola de la Osa Menor y se observa al prolongar una línea a partir de las dos estrellas de la cabeza de la cacerola de la Osa Mayor, Dubhe y Merak como se observa en la figura No 8



Figura No 8: Estrella Polar apuntando hacia el Norte. Al prolongar las estrellas Dubhe y Merak de la cacerola de la Osa Mayor nos encontramos con la estrella Polar. (Vivelanaturaleza, s.f.)

5. Si estamos observando hacia el sur podemos identificar una constelación en forma de rombo llamada la Cruz del Sur. La prolongación del eje mayor de la Cruz apunta al sur celeste. (figura No 9)



Figura No 9: Punto Sur en el firmamento. Prolongando el eje mayor unas 4.5 veces se obtiene de forma aproximada el Sur celeste. (Vivelanaturaleza, s.f.)

4.4.6 Herramientas para orientarse en el cielo

Carta celeste

La carta celeste es un mapa que representa la bóveda celeste utilizando las coordenadas ascensión recta y declinación. Existen diferentes tipos de cartas, en todas están representados las

principales constelaciones, las estrellas más brillantes y los objetos nebulosos más notables del cielo. Se clasifican de acuerdo a las proyecciones que se utilicen para proyectar la esfera celeste en un plano, la más conocida es la carta celeste polar en la cual la esfera celeste se representa en dos hemisferios como se observa en la figura No 10.

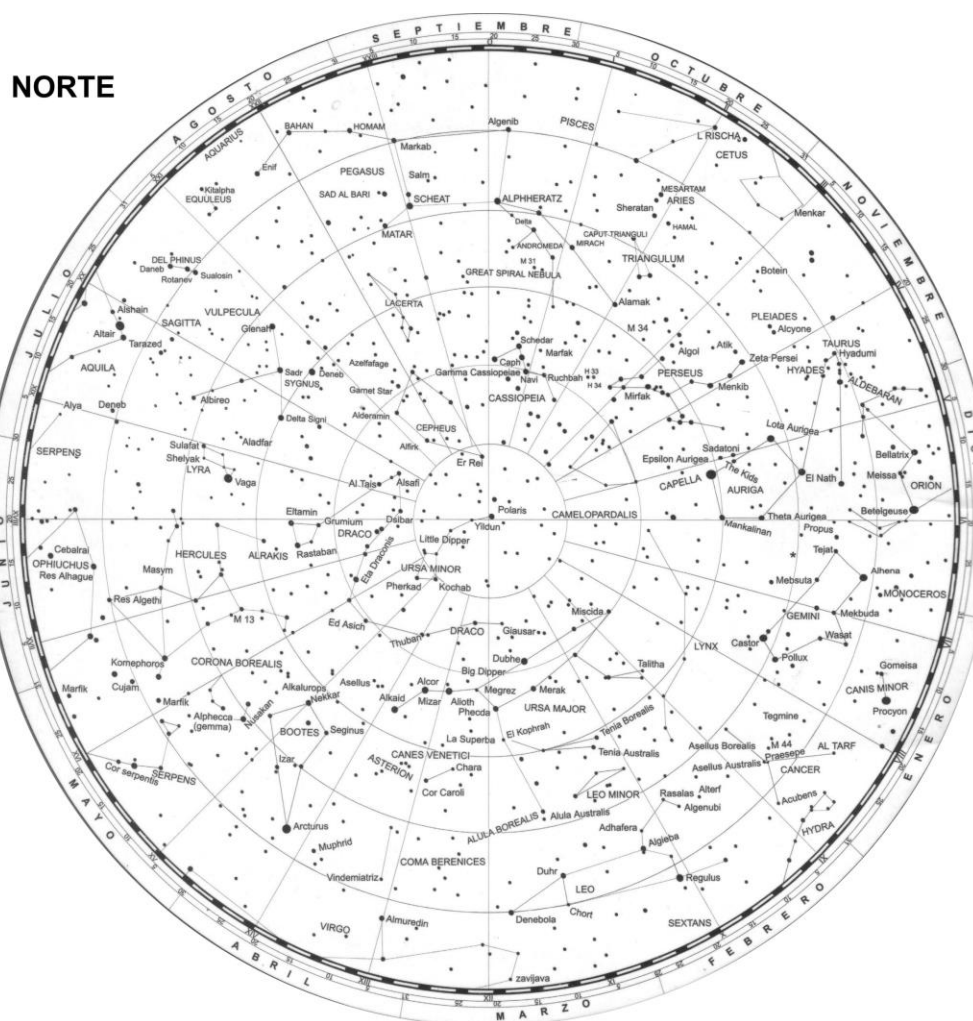


Figura No 10: Carta celeste polar. En esta carta se toma el Polo como centro, aquí se observa desde el Polo Norte, 90° latitud Norte, hasta el Ecuador. (google.com.co, s.f.)

Programas de observación del cielo

Existen varios programas gratuitos que sirven de guías para observar el cielo entre ellos están Cartas del Cielo, el cual simula un planetario; de este programa se obtienen cartas celestes para

programar la observación. *Virtual Moon Atlas* es un programa donde se observa el mapa de la Luna con imágenes bien detalladas de su superficie. Orbiton, que se especializa en satélites, así que va mostrando la ubicación de los satélites en tiempo real. También hay varios programas especializados para hacer fotografía y aplicaciones que se pueden incluir no solo en el computador sino también en el celular de manera que se puede llegar al sitio de observación con un plan definido para aprovechar mejor el cielo.

Uno de los más sencillos de manejar es *Stellarium*, un software libre que permite simular el cielo desde cualquier lugar de la Tierra o del Sistema Solar y en cualquier fecha y hora. Con él se puede calcular la posición de los diferentes cuerpos celestes del Sistema Solar, de las estrellas y objetos nebulosos, además muestra la simulación de algunos fenómenos astronómicos como eclipses, lluvias de estrellas, paso de cometas, tránsito de planetas por el disco del Sol entre otros. *Stellarium* fue desarrollado por el programador francés Fabien Chéreau, en el 2001 puso en marcha el proyecto, el cual desarrolló con varios colaboradores entre ellos Robert Spearman, Johannes Gajdosik, Matthew Gates, Nigel Kerr, y Johan Meuris. En el 2006 ganó premio en Source Forge como proyecto del mes en la categoría en educación de software libre. Este programa continúa siendo modificado por un grupo de colaboradores que publican las diferentes versiones en la red (Wikipedia, 2016) y es utilizado por aficionados para realizar observaciones. Particularmente en Cali, el programa ha sido utilizado por los diferentes grupos de aficionados para divulgar y promover la observación celeste, pues no siempre hay buen cielo y además el hecho de que el programa permita visualizar las diferentes figuras de las constelaciones hace que se pueda aprovechar también para hablar sobre la mitología de la que provienen sus nombres.

Esfera armilar

La esfera armilar es un instrumento que muestra la esfera celeste en tres dimensiones, consiste de unos aros concéntricos alrededor de una esfera que representa la Tierra, los círculos representan el ecuador celeste, la eclíptica y los círculos polares, de tal manera que este instrumento nos muestra claramente la trayectoria aparente del Sol, el ángulo del Ecuador con la Eclíptica, los equinoccios, el meridiano local y nos permite comprender como se fueron concibiendo las primeras ideas de la geometría del cosmos, pues la esfera permite ver con claridad como nosotros quedamos ubicados en el centro cuando observamos hacia afuera del universo. (Gangui, 2012, págs. 38-41)

La esfera armilar es un modelo ptolemaico que permite comprender como se “mueve” el cielo alrededor de la Tierra. Este instrumento ha sido encontrado en los primeros observatorios equipado con una mira movible, para utilizar como referencia la eclíptica, o el horizonte o el ecuador celeste y encontrar las coordenadas de un cuerpo celeste (L'e Turner, 1998, pág. 24)

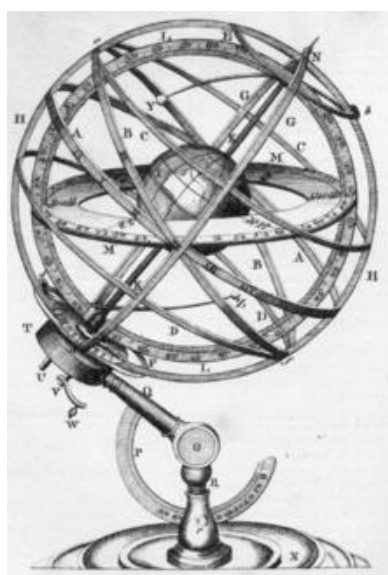


Figura No 11. Esfera Armilar. (Enciclopedia Británica, 1899)

Utilizar la esfera armilar como instrumento pedagógico, dará al estudiante una idea clara de su ubicación en la Tierra, mostrando su horizonte, su cenit y el recorrido del Sol, los planetas y la Luna a través de la eclíptica. Comprenderá el porqué de la ubicación de la Polar, qué hace que algunas constelaciones vistas desde puntos cercanos a los polos se consideren circumpolares y el modelo geométrico ptolemaico de tal manera que podrá así mismo comprender como se pasa de éste modelo al modelo copernicano contextualizando así la parte histórica una concepción geocéntrica a una heliocéntrica.

4.4.7 Herramientas para observar el cielo

Telescopio

Existen tres tipos de telescopios, los refractores que usan un lente, los reflectores que recogen la luz por medio de un espejo y los catadióptricos, que utilizan la combinación de un espejo y un lente.

Los telescopios refractores tienen una lente convergente que recoge y enfoca la luz en un plano focal y de allí se amplifica la imagen en el ocular. La dificultad con estos telescopios es que cuando se usan lentes para enfocar estos se comportan como prismas ocasionando aberración en la imagen, para minimizar este inconveniente se aumenta la distancia focal lo cual implica utilizar tubos cada vez más largos (Figura No 12)



Figura No 12: Telescopio refractor. Consiste de un tubo largo a través del cual la luz viaja desde el lente frontal hasta el ocular. Éste tipo de telescopio es recomendado para observar la Luna, los planetas y estrellas binarias. (Infobservador, 2010)

Los telescopios reflectores tienen un espejo cóncavo inferior que recoge la luz y la devuelve hacia otro espejo secundario que está en la parte superior del tubo, de donde a su vez pasa al ocular. (Figura No 13)



Figura No 13: Telescopio reflector. Este telescopio tiende a ser más compacto que el refractor debido a que recoge luz por medio de dos espejos. (Página web, s.f.)

Los telescopios catadióptricos son telescopios reflectores que presentan una lente correctora en la parte superior para corregir la aberración de la luz. La luz pasa por el corrector, se refleja en el espejo primario y luego en el secundario que dirige la imagen al ocular.

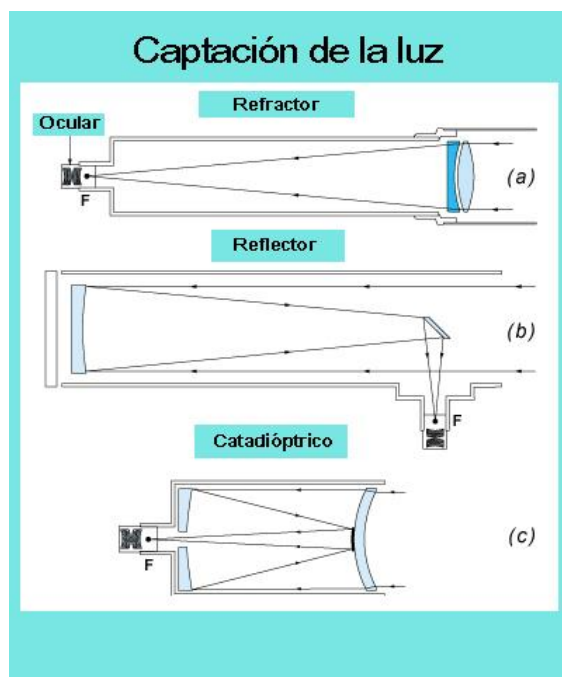


Figura No 14: Formas de captar la luz del telescopio. Cada telescopio capta la luz de acuerdo a su diseño. Las flechas indican como llega la luz al telescopio de derecha a izquierda en este esquema. (Cosmonoticias, 2013)

Espectroscopio

Los espectroscopios dispersan la luz con un prisma o una rejilla de difracción. Cuando la luz pasa a través de un material translucido cambia su dirección y debido a que cada longitud de onda se desvía con un ángulo determinado se forma la dispersión resultando el espectro.

Prisma: Una forma sencilla para obtener un espectro estelar es utilizando un prisma, el cual se coloca el frente de la apertura del telescopio o cámara

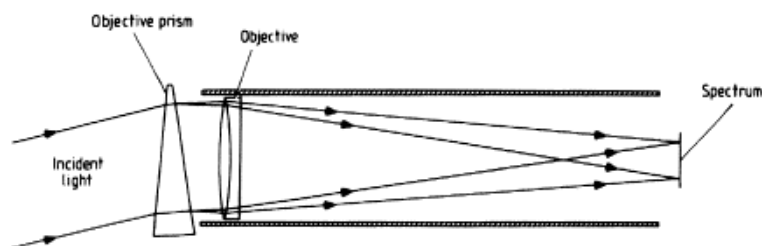


Figura 15 Prisma. Al colocar el prisma frente al lente del telescopio se obtiene el espectro en el plano focal (Stephen, 2002, pág. 26)

Rejilla de difracción: Otra forma de obtener un espectro es utilizando una rejilla de difracción que consiste de unos surcos concéntricos sobre un sustrato que generalmente es vidrio (Stephen, 2002, pág. 27)

La luz de las estrellas da información

Isaac Newton en 1666 observó el espectro visible al pasar un rayo de luz a través de un prisma. El prisma dispersó la luz en los colores del arco iris, este evento hizo que Newton acuñara el término espectro para el fenómeno y que pensara en la posibilidad de la luz blanca estaba compuesta por los demás colores y que la luz estaba formada por materia en forma de partículas que viajaba a gran velocidad. (De Vorkin, Dwek, & Kaler, 1994, pág. 17)

Pasaron casi dos siglos para que se analizara el espectro con más detalle, cuando el especialista en lentes, el Joven Fraunhofer realizó la misma experiencia que Newton pero la observó a través de un telescopio y sobre el fondo del espectro vio unas líneas oscuras que se dedicó a estudiar tanto en el Sol como en otros cuerpos celestes con tanto esmero que perfeccionó la rejilla de difracción para poder verlos con más detalle, en su estudio encontró que coincidían

algunas líneas oscuras de una estrella con las líneas brillantes que se formaban en elementos que estaban en incandescencia

Kirchhoff y Bunsen quemaron elementos químicos con el mechero de Bunsen y observaron las mismas líneas que observó Fraunhofer pero brillantes. Lo importante de estas líneas es que eran características para cada elemento, convirtiéndose en una herramienta importante para el análisis de la luminosidad de las estrellas, al comparar el espectro de la estrella con los espectros de los elementos se podía inferir la composición estelar. Comenzó entonces la era de la espectroscopia como técnica para descubrir la composición de las estrellas.

Fraunhofer observó el espectro de la Luna, Marte y Venus, los cuales eran iguales al espectro del Sol. ¿Cuál era la razón de que estos cuerpos tan diferentes tuvieran el mismo espectro?

Al observar los espectros de otras estrellas como Sirio notó que sus espectros eran diferentes, por lo que variaban en su composición. Este fue el comienzo de la astrofísica, pues gracias a la espectroscopia se dio el comienzo del análisis de las estrellas y de los astros en el universo, lo que en un momento se consideró inaccesible, ahora gracias a la espectroscopia se podía estudiar. Era realmente interesante e inquietante observar que las estrellas que, en principio parecían inmutables no solo mostraron colores y brillos diferentes sino que sus espectros revelaban composiciones diferentes, lo cual motivo a los astrónomos a estudio minucioso de sus espectros, desde su clasificación hasta la comprensión de la evolución estelar. William Huygens observó que algunas estrella tenían los mismos elementos que hay en la Tierra y el Sol. ¿Qué se puede intuir sobre la composición del universo a partir de esta observación?

En 1868 el padre Ángel Secchi, jesuita y físico, clasificó aproximadamente 4000 estrellas en 4 categorías: tipo I, blancas y azules con líneas de hidrógeno. Tipo II, amarillas o naranjas con líneas de elementos metálicos. Tipo III, de naranja a rojos con espectros con franjas blancas y líneas agrupadas. Tipo IV, rojas con líneas de carbono. (De Vorkin, Dwek, & Kaler, 1994, pág. 23)

Cuando tomamos una fotografía de alguna región de la esfera celeste, con el lente abierto por cierto tiempo lo que ocurre es que la cámara recoge luz durante ese tiempo y de esa manera se pueden captar imágenes que no se ven al ojo desnudo. El médico Henry Draper aprovechó esta circunstancia e incorporó la cámara a un espectroscopio de tal manera que fotografió varios espectros antes de morir realmente joven. En su honor su esposa funda un observatorio que sería el centro de investigación espectral de estrellas más reconocido en la historia de la astrofísica.

Edward Pickering, fue el seleccionado para administrar y dirigir el observatorio de Harvard, Contrató solo mujeres para su centro de investigación. Dichas mujeres comparaban cada espectro con los espectros de los elementos y de esta manera deducían la composición de la estrella, además analizaban la forma como se organizaban las líneas, clasificándolos. Analizaban cada espectro que se tomaba de las estrellas y los clasificaban según sus particularidades. Entre las más destacadas de este equipo están Williamina Fleming, quien clasificó alrededor de 10351 en trece grupos los cuales nombró con letras del alfabeto, A,B,C,D..., Antonia Maury amplió la clasificación de Fleming teniendo en cuenta que las líneas de los espectros algunas veces eran más amplias, más nítidas o más borrosas y más angostas, asignando letras minúsculas a,b,c... Annie Jump Cannon, se ideó un nuevo sistema reordenó la clasificación alfabética haciendo una clasificación más continua en las líneas que indicaban elementos diferentes al hidrógeno; como

resultado se obtuvo un orden por colores desde el blanco-azul hasta el rojo. Los resultados así obtenidos hicieron pensar a los astrónomos que el color se puede asociar a la temperatura superficial. Los espectros permitieron una clasificación estelar que incluía composición, temperaturas superficiales y tipos espectrales (Figura No 16)

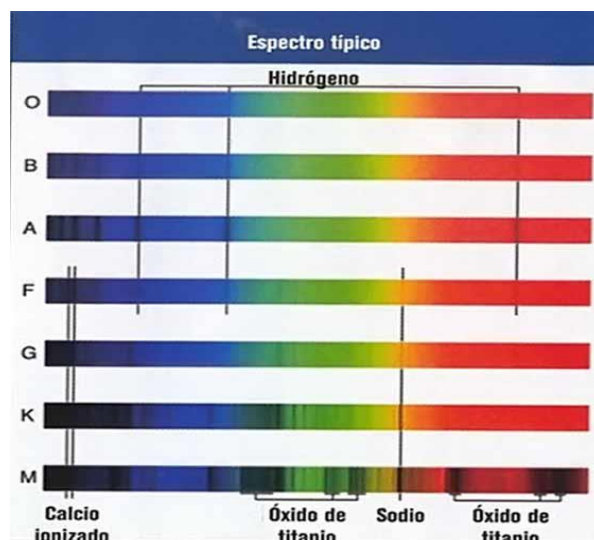


Figura No 16: Clasificación espectral de las estrellas. Las estrellas se clasifican por letras que son asignadas dependiendo del espectro. (Astronomía práctica y experimental, s.f.)

De manera independiente Ejnar Hertzsprung y Henry Russel estudiaron grupos de estrellas y observaron la relación entre el espectro y las magnitudes absolutas de cada estrella. Al realizar una gráfica que represente las dos variables observaron diversas coincidencias:

Las estrellas en su mayoría quedaban agrupadas en una región que tiene forma de “ese” inclinada a través del diagrama y solo unas cuantas quedaban en subgrupos aislados en el diagrama. Al grupo de estrellas ubicado dentro de la “ese” del diagrama se le llamo Secuencia Principal.

Hertzsprung encontró dos tipos de estrellas rojas, unas pertenecientes a la Secuencia Principal con temperaturas bajas y otras con temperaturas altas que al revisar la clasificación de Maury identificó las estrellas C como las tenues y frías. Gracias a Hertzsprung se reconoció el trabajo de Maury pues insistió en sus artículos sobre la importancia de la subclasificación que ella había realizado.

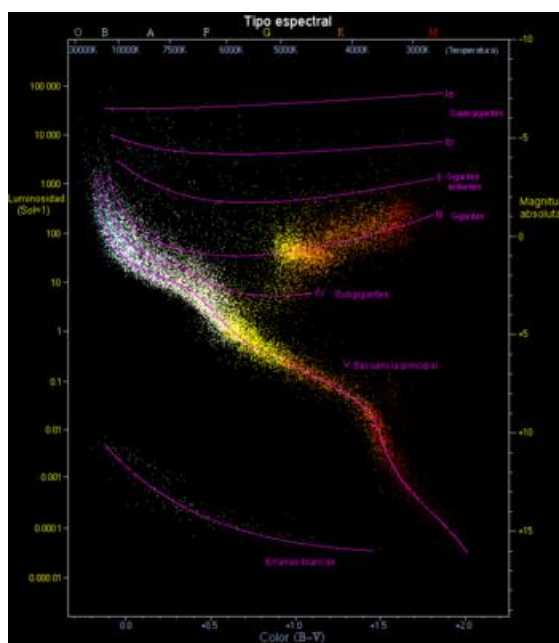


Figura No 17: Diagrama de H-R. En una clasificación de magnitudes vs temperatura de un grupo estelar se encuentra que la mayoría de las estrellas están en una región principal en forma de ese llamada Secuencia Principal (Wikipedia, s.f.)

Luego de estudiar el comportamiento de las estrellas con mayor detalle se observaron otras relaciones entre su masa, luminosidad y color, se dedujo que el diagrama mostraba las estrellas en diferentes etapas de su vida:

Las estrellas en la parte superior de la Secuencia Principal son masivas y sus temperaturas son altas, y las de la parte inferior son poco masivas y de temperaturas son bajas. Las estrellas

súper gigantes rojas, gigantes rojas y enanas blancas son estrellas que han salido de la Secuencia Principal debido a que parte de su masa se ha consumido y han empezado una nueva etapa. Dependerá de la cantidad de masa que se consuma en la primera etapa que la estrella llegue a quedar clasificada en uno de estos tres grupos.

4.5 CONSTELACIONES

Las constelaciones son regiones en el cielo donde se observan figuras aparentes que se forman con las estrellas más brillantes de cada región, las cuales se perciben gracias a la perspectiva vista desde la Tierra. Por ejemplo la Osa Mayor está formada por estrellas que se encuentran a diferentes distancias pero gracias a nuestro punto de referencia se puede configurar la cacerola. (Figura No 18)

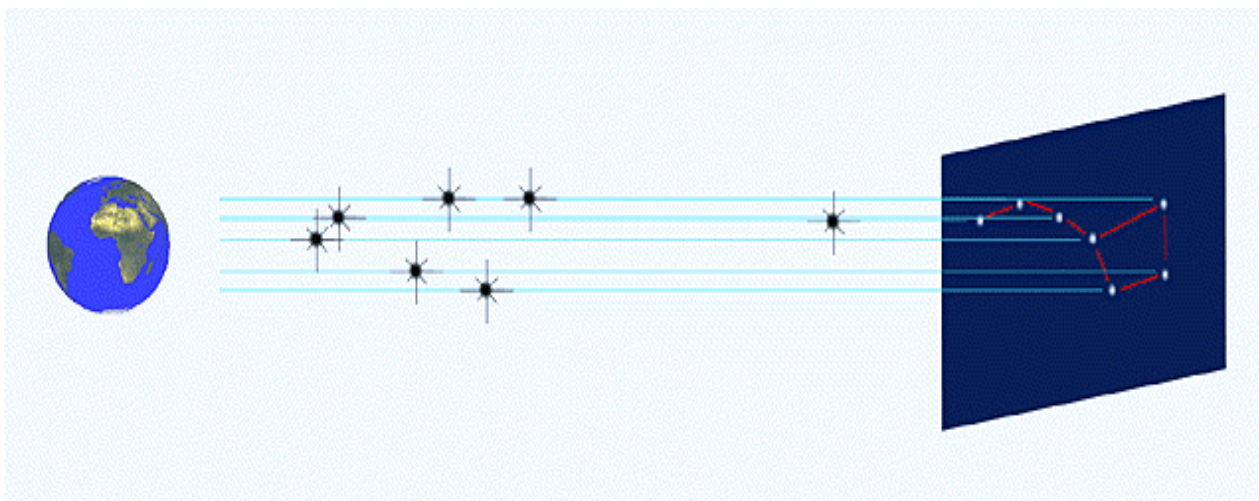


Figura No 18: Osa Mayor (FOED, s.f.)

Existen 88 constelaciones reconocidas por la Unión Astronómica Internacional (UAI) y son las que aparecen en los mapas celestes. Estas constelaciones son el producto de los imaginarios

de diferentes civilizaciones de acuerdo a sus idiosincrasias.

Para las personas que conocen la esfera celeste, las constelaciones sirven para orientarse al identificarlas debido a que ellas ocupan posiciones fijas en los hemisferios norte y sur celeste. Se sabe que Hércules, por ejemplo, es una constelación septentrional y que la Cruz del Sur es austral.

4.5.1 Constelaciones del zodiaco

Los babilonios dividieron la banda por la que pasa el Sol, la Luna y los planetas en el transcurso del año en doce regiones que corresponden a las doce constelaciones del zodiaco: Capricornio, Acuario, Piscis, Aries, Tauro, Geminis, Cáncer, Leo, Virgo, Libra, Escorpio y Sagitario. Sin embargo al observar el recorrido del Sol durante el año, también pasa por la constelación Ofiuco, lo cual hace pensar que las constelaciones del zodiaco deberían ser 13 y no 12 como se ha concebido desde el principio. El término zodiaco viene de la palabra *zoicos* que significa círculo de animales y al recorrido del Sol se le llama eclíptica.

Debido a que las constelaciones del zodiaco pasan por la eclíptica, pueden utilizarse como como referencia para orientarnos. En un cielo despejado al seguir la línea de las constelaciones del zodiaco seguimos la línea de oriente a occidente. Durante el año el Sol está en cada una de las constelaciones a la misma hora durante un mes aproximadamente.

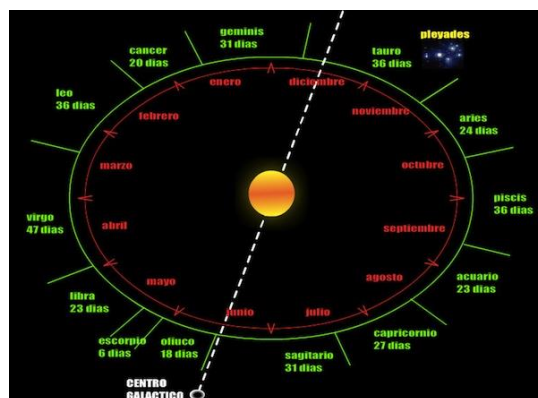


Figura No 19: Camino del Sol en el cielo. Aunque el Sol pasa por 13 constelaciones durante su recorrido solo se tienen en cuenta doce. Permanece más días en la constelación de Ofiuco que en Escorpio. (Encrypted-tbn2.gstatic.com, s.f.)

4.6 LA EVOLUCIÓN ESTELAR

Las estrellas después de su nacimiento, comienzan a quemar su combustible el cual en la medida que se agota va generando cambios en ellas que se reflejan en su brillo, temperatura y masa. Al conjunto de cada etapa que sufre la estrella se le da el nombre de evolución estelar. Antes de descubrir que una estrella está en continua evolución los astrónomos se preguntaron sobre su naturaleza y de la observación y análisis de sus parámetros las clasificaron.

4.6.1 Parámetros estelares

Para caracterizar una estrella se utilizan los siguientes parámetros físicos: brillo, temperatura, luminosidad, color, tamaño y masa. Cada uno de ellos se relaciona con los otros y son los que nos van a decir en qué estado se encuentra la estrella. A continuación se hace una descripción de los parámetros más importantes de la estrella.

Luminosidad y brillo

La luminosidad de una estrella se define como la cantidad de energía que emite la estrella por unidad de área y tiempo. Este parámetro depende del tamaño de la estrella y de la cantidad de radiación liberada, se define como: $L = 4\pi R^2 I$. Donde L = Luminosidad, $4\pi R^2$ = Área de la superficie de la estrella e I = Intensidad de radiación que equivale a la cantidad de radiación que atraviesa un centímetro cuadrado de su superficie en un segundo, por lo tanto entre mayor sea el tamaño de la estrella, mayor será su superficie y mayor su luminosidad, de la misma manera a mayor radiación mayor luminosidad.

El brillo es la cantidad de radiación de la estrella que llega a la Tierra. Al observar el cielo aparecen conjuntos de estrellas con diferentes brillos y parecen estar a la misma distancia, lo que explica los primeros modelos cosmológicos donde su límite era una esfera de cristal con estrellas fijas en ella. Ahora sabemos que las estrellas en realidad están a diferentes distancias y que la razón por la que las vemos en un solo plano es que a medida que los objetos están más lejanos perdemos el sentido de perspectiva tridimensional. El brillo de la estrella depende de la radiación que ella emite y de su distancia a la Tierra, si dos estrellas están a la misma distancia, pero una emite más radiación que la otra tendrán brillos diferentes, donde la más brillante será más luminosa, pero si dos estrellas tienen la misma luminosidad y están a diferentes distancias la más lejana será menos brillante.

El astrónomo griego Hiparco en el siglo II AC agrupó las estrellas visibles en 6 categorías de brillo, donde las más brillantes las clasificó con magnitud 1 y las más débiles con magnitud 6, escala que se conoce como magnitud aparente. En 1856 Norman Podgson del observatorio

Radcliffe cuantificó la relación de las magnitudes asignando el brillo de una estrella de primera magnitud como 100 veces mayor que la de la más débil visible sin telescopio. Una estrella de segunda magnitud era 2.5 veces más débil que una de primera magnitud y así sucesivamente. (Levy, 1998, pág. 90). Esta clasificación es basada en la forma como observamos la estrella sin tener en cuenta la luminosidad y distancia de la estrella se llama magnitud aparente.



Figura No 20: Magnitudes aparentes de algunos objetos celestes. Como su nombre lo indica, la magnitud aparente nos dice que tan brillante vemos un astro desde la Tierra. Vega la estrella más brillante del Triángulo de Verano tiene magnitud 0, así que los cuerpos más brillantes que Vega tienen magnitud negativa y los menos brillantes tienen magnitud positiva (Levy, 1998, pág. 90)

Magnitud aparente y magnitud absoluta de una estrella: Para determinar la luminosidad de las estrellas, los astrónomos definieron la magnitud absoluta como la magnitud aparente que tendrían las estrellas si estuvieran a 10 parsecs que equivalen a 33 años luz (diez años luz es la distancia recorrida durante 10 años a la velocidad de la luz).

Lo que determina la magnitud absoluta de una estrella es su luminosidad y lo que determina la magnitud aparente de una estrella es su brillo. Dos estrellas de igual luminosidad, a diferentes

distancias, tendrán la misma magnitud absoluta, pero su brillo será diferente, ya que este depende de la distancia a la que se encuentre la estrella. El brillo corresponde a su magnitud aparente, la cual tiene una escala numérica, donde a mayor brillo menor magnitud aparentemente, entonces para nuestro ejemplo, el valor de magnitud numérico mayor será para la estrella más lejana.

Tamaño y masa

Los tamaños son muy diversos desde enanas, gigantes hasta supergigantes rojas y azules. Los tamaños de las estrellas están directamente relacionados directamente con su masa y su brillo. “El radio de las estrellas se puede inferir de modo indirecto, conocidas su magnitud aparente, su color y su distancia. La ley de Stefan Boltzmann dice que la intensidad emitida en la superficie de una estrella de radio R, tiene la forma: $I = \sigma T^4 = L / 4\pi R^2$

Dónde: I= Intensidad de radiación, $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{W/m}^2\text{K}^4$ (constante de Boltzmann), T = Temperatura absoluta, L = Luminosidad de la estrella y R = radio de la estrella. El radio también puede evaluarse mediante el ocultamiento de binarias. Esto implica medir la tasa a la cual la intensidad de la estrella eclipsada disminuye.” (Sepúlveda Soto, 2013, pág. 74)

Color y temperatura

La radiación de las estrellas se compara con la radiación de un cuerpo negro, a medida que cambia la temperatura, la radiación observable presenta un color diferente. Al realizar una curva de distribución de energía versus longitud de onda, se observará que entre mayor sea la temperatura mayor será la frecuencia de radiación (Figura No 21). Dado que la frecuencia de radiación está asociada al color, el color de la estrella nos ayuda a determinar su temperatura superficial, las estrellas rojas serán más frías que las estrellas azules y blancas.

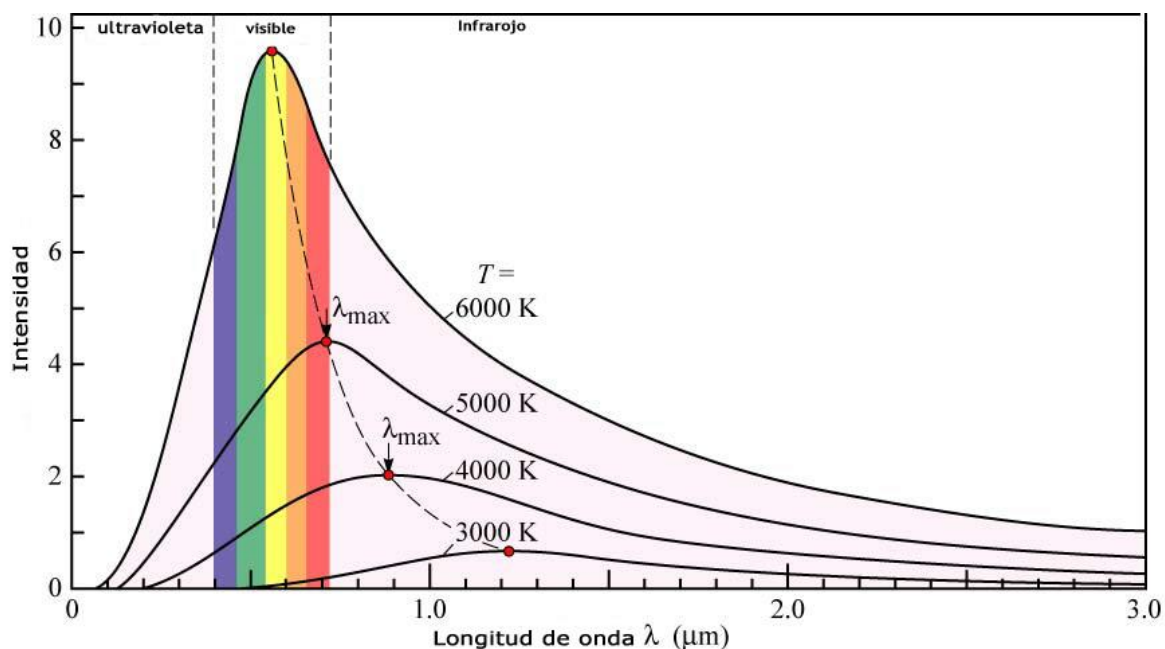


Figura No 21: Radiación de un cuerpo negro. La estrella se comporta como un cuerpo negro, donde a medida que su temperatura aumenta la frecuencia de su radiación aumenta. (Fisicoquímica, 2015)

4.6.2 La naturaleza de las estrellas

La pregunta que llevó a comprender a los astrónomos la naturaleza de las estrellas fue ¿Por qué brillan las estrellas? Para responderla debían descubrir su estructura, y de donde obtenían su energía que les diera su brillo.

Helmholtz y Lord Kelvin en la década entre 1850 y 1860 sugirieron que el Sol y las estrellas podrían obtener su energía por una lenta contracción. Al contraerse el material de la estrella se calienta igual que un gas ideal. En principio esta explicación parecía razonable, pero la geología empezó a demostrar que la Tierra tenía más de mil millones de años, solo por contracción de su masa el Sol no podría proveer por tanto tiempo la energía que se recibía.

“En 1898 Thomas Chrowder Chamberlin especulaba que los átomos eran “complejas organizaciones y centros de enormes energías” y que “las extraordinarias condiciones que hay en el centro del Sol pueden liberar una parte de su energía “pero nadie sabía cuál era ese mecanismo, ni cómo podía operar hasta que no se llegó a saber mucho más sobre los átomos y las estrellas. El intento de lograr tal comprensión exigió una colaboración cada vez mayor entre los astrónomos y los físicos nucleares” (Ferris, 1988, págs. 207-208)

A partir de los descubrimientos de la radiactividad y de los espectros se había llegado a varias conclusiones: Que el átomo tenía en su núcleo protones, los cuales a pesar de tener la misma carga estaban apiñados allí, que las estrellas tenían como elemento principal el Hidrógeno, que seguramente allí se formaban los demás elementos por unión de varios núcleos de hidrógeno, pues era evidente la existencia de los otros elementos. Sin embargo, no había forma de explicar que dos protones se unieran ya que dos cargas del mismo signo se repelen, lo que se conoce como la barrera de Coulomb. La mecánica cuántica explica la posición de las partículas en un átomo por probabilidades, es decir existe una gran probabilidad de que el electrón esté en una región determinada, pero no se puede hablar en términos absolutos. Igual ocurre con la dinámica de los protones, existe una alta probabilidad de que si se encuentran dos protones, ambos salgan en otra dirección, pero hay una pequeña probabilidad de que se acerquen y se unan, con esta pequeña probabilidad físicos y astrónomos, resolvieron su enigma y lograron teóricamente fabricar elementos más pesados a partir del hidrógeno, a este efecto se le llamo efecto túnel.

Reacción estelar

La fusión de dos átomos de hidrógeno lo explica la mecánica cuántica de manera teórica. El físico George Gamow, basándose en las nuevas ideas de un átomo, no como una bola de billar sino como nubes difusas donde los electrones se mueven muy rápido, de tal manera que su posición se predice por medio de ecuaciones de probabilidad, deduce que existe una muy pequeña probabilidad donde dos partículas del mismo signo, dos protones se encuentren y en lugar de alejarse se fusionen para generar otro átomo.

Las reacciones que se presentan para formar otros átomos se llaman reacciones de fusión nuclear, las más importantes son cadenas protón-protón y ciclo CON o ciclo del carbono. En la figura No 22 se observa un ejemplo de fusión nuclear.

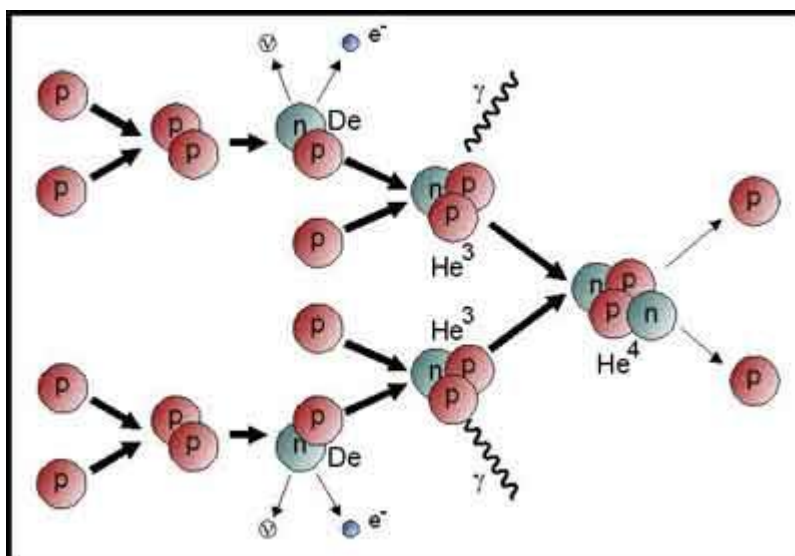


Figura No 22: Reacción protón-protón. A partir de 4 átomos de hidrógeno se forma un átomo de helio, si sumamos la masa de 4 hidrógenos y la comparamos con la masa de un helio podemos ver que hay una diferencia. (Astrobiología, s.f.)

4.6.3 Formación de una estrella

Las estrellas nacen a partir una nube interestelar, la cual está compuesta por gas y polvo, su temperatura es muy baja y aparentemente es muy estable, pero por alguna circunstancia, como por ejemplo, una onda de choque generada por una supernova hace que su equilibrio cambie en un punto de la nube, entonces su masa en este punto comienza a contraerse y a ganar cada vez más materia, haciéndose cada vez más masiva, entre más masa adquiere, más se contrae y más materia atrae hacia ella, de tal manera que su densidad de materia es mayor que la densidad a su alrededor, su temperatura comienza a subir, es decir, las partículas de gas van ganando energía cinética, hasta que se presenta un plasma de partículas atómicas que radian energía electromagnética en el infrarrojo, en este punto se habla de una protoestrella.

El plasma de la protoestrella pasa de 50.000 K a 150.000 K en su núcleo, mientras que en su superficie la temperatura es de 3500 K. Cuando la protoestrella logra temperaturas suficientes para generar reacciones de fusión pasa a ser una estrella que queda ubicada dentro del diagrama de H-R en un punto de la Secuencia Principal. Su lugar en la Secuencia Principal depende de la cantidad de masa de la estrella, las menos masivas están en la parte de abajo y las más masivas en la parte de arriba, las estrellas más masivas tienen unas 120 veces la masa del Sol y las menos masivas tienen 0.08 masas solares.

Cuando la estrella fusiona hidrógeno libera suficiente energía que produce una presión en el gas hacia afuera, mientras que debido a la fuerza de gravedad la materia es comprimida hacia el centro, de tal manera que hay un equilibrio en éstas dos fuerzas. El combustible de una estrella es su hidrógeno, mientras éste se convierte en helio la estrella se mantiene estable.

La vida de la estrella depende de su masa: las estrellas de la Secuencia Principal en el diagrama H-R, son las que están en equilibrio formando helio a partir de hidrógeno. En una estrella masiva la presión que ejerce la fuerza de gravedad hacia el núcleo es mucho más alta que la presión que se ejerce en una estrella poco masiva, así que la temperatura en la estrella masiva será mucho mayor que en la estrella menos masiva, por lo tanto las reacciones de fusión se producirán más rápido en las estrellas masivas, mientras que las estrellas poco masivas, tendrán reacciones más lentas debido a que sus temperaturas son más bajas.

La estrella en equilibrio es como un reactor que permanece generando energía y conservando su tamaño, color y brillo, el combustible se acaba de acuerdo a la cantidad de masa en la estrella, entre más masiva, más rápido se acaba el hidrógeno, mientras que estrellas poco masiva toman más tiempo para acabar con su combustible. En la figura No 23 se observan los tiempos estimados de permanencia de la estrella como estrella de la secuencia principal. La masa de la estrella determina su luminosidad, temperatura y evolución.

A mayor masa, mayor liberación de energía, mayor temperatura y su color es azul o blanco. Estas estrellas se encuentran en la parte de arriba a la izquierda del diagrama H-R y se conocen como las gigantes azules, tienen hasta 100 masas solares, muy luminosas, sus temperaturas superficiales son de 50.000 K aproximadamente y la duración de estas estrellas es corta, de unas decenas hasta unos cientos de millones de años. Cuando el combustible de estas gigantes termina, continúa su evolución hacia una supernova. (Sepúlveda Soto, 2013, pág. 117)

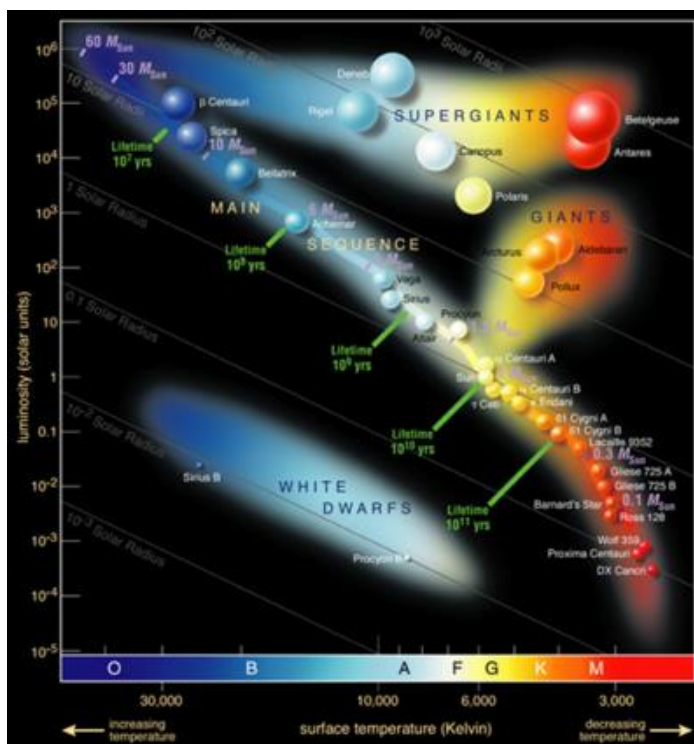


Figura No 23: Las estrellas toman un tiempo mucho mayor cuando tienen poco combustible para quemar. Una estrella de 60 masas solares dura unos 3 millones de años en equilibrio, mientras que el Sol dura 9000 millones de años y una estrella de 0.5 masas solares dura unos 100 mil millones de años. (Wikipedia, 2016)

Las estrellas de masa mediana, al liberar menor energía, tienen una temperatura menor, su color tiende al amarillo y naranja y se encuentran un poco más a la derecha y al centro del diagrama H-R y las estrellas que están en la parte baja y derecha del diagrama son de poca masa, liberan mucho menos energía y su color es rojo, por lo tanto su temperatura es menor.

Las enanas rojas son estrellas de muy baja masa se ubican en la Secuencia Principal en la parte derecha e inferior del diagrama H-R, debido a su poca masa su temperatura es baja, de unos 3500 K, aquí el H se consume muy lentamente, una enana roja puede durar más de 200 millones de años. (Sepúlveda Soto, 2013, pág. 120)

4.6.4 Cuando se agota el combustible de la estrella

Cuando se agota el hidrógeno de la estrella la fusión nuclear comienza a cesar produciendo un desequilibrio entre la presión que se ejerce hacia afuera por las altas temperaturas y la fuerza de gravedad que hace que todo tienda hacia el centro. La estrella se contrae, aumentando su densidad y su temperatura, vuelve a producir helio en la capa que rodea el núcleo, la radiación que produce esta reacción hace que las capas más externas se expandan y baje la temperatura, dando un color rojo a la estrella, que la ubica ahora, por fuera de la Secuencia Principal y adquiere la categoría de gigante roja. Mientras en el exterior de la estrella hay expansión, en el núcleo la temperatura sigue aumentando hasta la fusión de hidrógeno en helio. El helio se acumula aumentando su temperatura, densidad y presión, hasta que explota haciendo que se expanda rápidamente el núcleo, proceso que se llama flash de helio y que al expandirse forma otra vez la gigante roja. En el núcleo nuevamente ha bajado la temperatura y se repite el proceso de contracción, hasta que gana nuevamente suficiente energía para fusionar He y producir carbono y oxígeno

Las estrellas entre 0.9 y 1.44 masas solares al convertirse en gigantes rojas tienen en su núcleo material suficiente para agruparse por gravedad y generar energía suficiente que permita una nueva fusión de átomos, esta vez de helio que se convierte en carbono; pero nuevamente el helio se acaba y la estrella sufre una nueva contracción que hace que quede muy comprimida, a esta nueva entidad se le llama enana blanca, mientras que la parte más externa de la estrella es una nube de gas difusa que se va difundiendo hacia afuera poco a poco, los astrónomos que las descubrieron le llamaron nebulosas planetarias porque se les parecía a un disco planetario. La figura No 24 muestra la nebulosa planetaria del anillo. (Sepúlveda Soto, 2013, pág. 120)

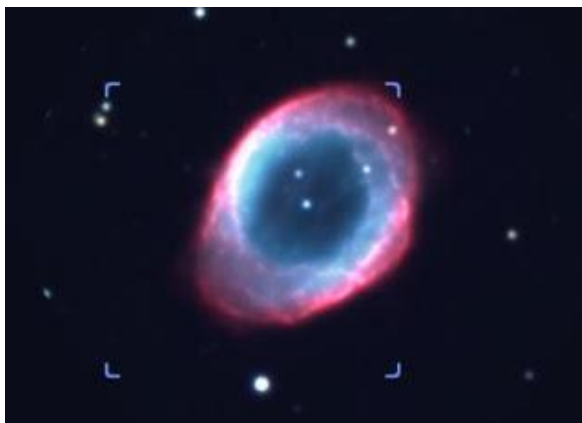


Figura No 24: Nebulosa del anillo M57 en la constelación de la Lira es un ejemplo de nebulosa planetaria, en el centro está la enana blanca (Espacio486, 2011)

La enana blanca tiene una densidad muy alta, debido a que es muy masiva, lo cual le proporciona una gran fuerza de atracción gravitatoria sobre su entorno de tal manera, que puede tomar materia de una estrella vecina en estado de fase gigante; cuando su masa alcanza un punto crítico, el límite de Chandrasekhar, se produce una explosión y su luminosidad aumenta hasta cien mil veces en un día, formando lo que se conoce como nova, su luminosidad se observa por una semana aproximadamente y baja lentamente debido a que pierde materia disminuyendo su radio.

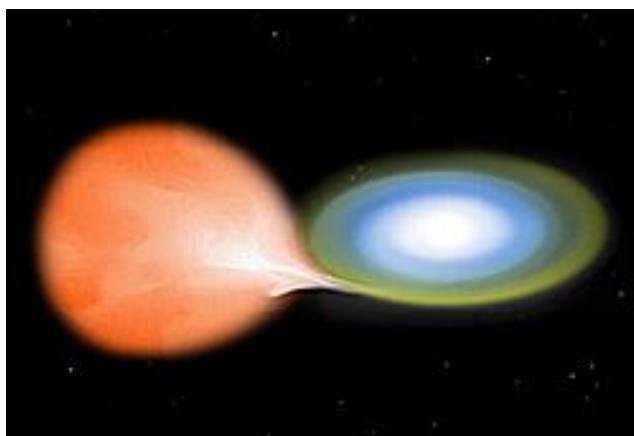


Figura 25: Formación de una nova. La estrella blanca absorbe material de una gigante roja formando un disco de acreción hasta que el material que cae sobre la enana blanca se calienta lo suficiente para provocar fusión de H en He. (Wikipedia, 2016)

4.6.5 Estrellas muy masivas continúan evolucionando

Si la materia que cae hacia la enana blanca no reacciona para producir la nova y la enana pasa el límite de Chandrasekhar, se colapsa y con la energía producida inicia reacciones donde el protón pasa a neutrón y neutrino generando la supernova Ia y en el centro una estrella de neutrones. El brillo de la supernova Ia crece rápidamente para luego agotarse lentamente. (Sepúlveda Soto, 2013, pág. 125)

Las estrellas con masas entre 4 y 8 masas solares se convierten en estrellas supergigantes rojas. El He igual que el H se agota produciéndose ciclos de contracción interna y expansión de la parte externa de la estrella donde el combustible va variando de elementos más livianos a elementos más pesados, C, O, Si,... En el centro de la estrella van ocurriendo las fusiones de los elementos y hacia afuera van quedando los demás elementos de tal manera que la estrella presenta una composición en capas de elementos livianos hacia afuera y pesados hacia el centro. Estas estrellas se conocen como supergigantes, las cuales a medida que van ganando temperatura en el centro van construyendo más elementos hasta el hierro. (Sepúlveda Soto, 2013, pág. 130)

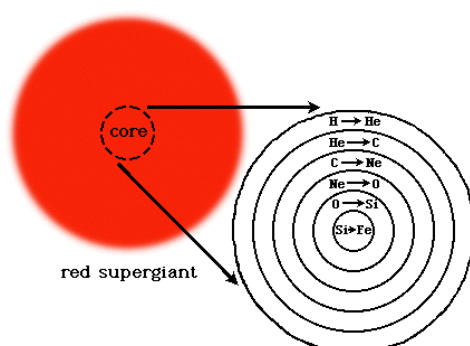


Figura 26: Supergigante roja. Cuando la temperatura de la supergigante alcanza de 600 a 700 millones de K el C produce Na y Mg. A 1000 millones de K el O produce Si, S y P y a temperaturas mayores de 3000 millones de K simultáneamente hay procesos de fusión, fotodesintegración y captura de neutrones, produciéndose elementos hasta el Fe. (Cosmología, s.f.)

Cuando una estrella supergigante ha producido elementos hasta el hierro y se acaba la fusión que los produce, por contracción gravitatoria no puede producir la energía necesaria para fusionarse el hierro y construir más elementos, su temperatura alcanza 5000 mil millones de kelvin y su densidad 1 millón de g / cm^3 . La estrella se contrae a tal punto que genera una implosión haciendo que se libere energía en las capas externas, aumentando su luminosidad y brillando como 10 mil novae y sintetizando los demás elementos de la tabla periódica. (Sepúlveda Soto, Evolución estelar, 2013, pág. 125) A esta supernova se le conoce con el nombre de supernova II

Si la masa de la estrella de la Secuencia Principal es mayor de 8 masas solares y si la masa de su núcleo al final de la etapa de supergigante supera las 3 masas solares, nada impide en su etapa final que el colapso del núcleo continúe originándose un agujero negro, cuya fuerza de gravedad es tan alta que impide que salga la luz. La materia que cae a un agujero negro se puede percibir porque se presenta una emisión de rayos X durante la caída. Al caer al agujero negro, la materia se disocia en partículas hasta quedar en quarks, los cuales son consideradas partículas elementales. (Sepúlveda Soto, 2013, pág. 125).

5 ASPECTOS METODOLÓGICOS Y RESULTADOS

Se aplicó un cuestionario que contiene preguntas sobre los aspectos más importantes de la astronomía estelar a estudiantes de la licenciatura en ciencias naturales de la Universidad del Valle para identificar si los futuros docentes, tienen algunas bases sobre el tema, si están interesados en él y que tanto pueden haber aprendido durante su proceso de profesionalización.

Se analizó de qué manera se aborda el tema de astronomía estelar en los libros más reconocidos de física que son utilizados como guías durante la formación de docentes de ciencias naturales.

5.1 CUESTIONARIO APLICADO A DOCENTES EN FORMACIÓN DE CIENCIAS NATURALES

El siguiente cuestionario se diseñó con la intención de identificar en los estudiantes de ciencias naturales de la Universidad del Valle que tanto asocian la terminología más reconocida dentro del campo de la astronomía estelar con las estrellas y si ya tienen conocimiento sobre el tema



UNIVERSIDAD DEL VALLE
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN ENFÁSIS EN LA ENSEÑANZA DE LAS
CIENCIAS

CUESTIONARIO

Semestre _____ Sexo _____

1. Cuáles de los siguientes términos te son familiares o los reconoces y con que los puedes asociar

Término	Lo conozco	No lo conozco	Se me hace familiar pero no lo conozco bien.	Por qué
Mancha solar				
Radiación				
Fusión				
Fotón				

2. Para comprender la composición y estructura de las estrellas los astrónomos han utilizado varios instrumentos. Ordénalos del más importante al menos importante.

- a) Telescopios
- b) Radiotelescopios
- c) Espectrómetros
- d) Binoculares

3. ¿Has utilizado alguna vez un instrumento astronómico?

Sí _____ No _____ ¿Por qué?

4. Si decimos que algo se comporta como un cuerpo negro debemos encontrar lo siguiente:

- a) Que el cuerpo es de color negro
- b) Que el cuerpo emite toda la energía que recibe
- c) Que el cuerpo absorbe toda la energía que recibe
- d) Que el cuerpo no puede absorber energía
- e) No conozco del tema

5. El color de las estrellas se puede asociar a:

- a) Su tamaño
- b) Su temperatura
- c) Su distancia
- d) Su volumen

6. ¿Cómo crees que los astrónomos han estudiado las estrellas?

7. ¿Sabes cómo es una estrella por dentro? Sí _____ No _____
Si su respuesta es sí explique:

8. Qué significan los siguientes términos

	Significado
a) Supernova	
b) Nebulosa planetaria	
c) Enana blanca	
d) Agujero negro	

5.1.1 Validación del instrumento

1. Cuáles de los siguientes términos te son familiares o los reconoces y con qué los puedes asociar

Término	Lo conozco	No lo conozco	Se me hace familiar pero no lo conozco bien.	Por qué
Mancha solar				
Radiación				
Fusión				
Fotón				

Los términos citados en esta pregunta se relacionan de manera directa con las estrellas, se pretende identificar si hay una asociación de estos conceptos con las estrellas y de qué manera los asocian o los han aprendido a reconocer.

2. Para comprender la composición y estructura de las estrellas los astrónomos han utilizado varios instrumentos. Ordénalos del más importante al menos importante.

- a) Telescopios
- b) radio telescopios
- c) Espectrómetros
- d) Binoculares

La espectroscopia es la técnica fundamental para comprender la composición y estructura de la estrella, por lo tanto debería ser el espectrómetro reconocido como el más importante, pero normalmente las personas asocian el telescopio con la investigación de los astros lejanos así que se espera que solo los que estén suficientemente informados del tema respondan adecuadamente en esta pregunta.

3. ¿Has utilizado alguna vez un instrumento astronómico?

Sí _____ No _____ ¿Por qué? _____

Uno de los retos de esta propuesta es mostrar al estudiante de docencia alternativas de uso de instrumentos astronómicos, los cuales inclusive pueden ser contruidos por los estudiantes como es el caso del espectrómetro. La pregunta mostrará que tanto se han acercado los futuros docentes a estos aparatos.

4. Si decimos que algo se comporta como un cuerpo negro debemos encontrar lo siguiente:

- a) Que el cuerpo es de color negro
- b) Que el cuerpo emite toda la energía que recibe
- c) Que el cuerpo absorbe toda la energía que recibe
- d) Que el cuerpo no puede absorber energía
- e) No conozco del tema

5. El color de las estrellas se puede asociar a:

- a) Su tamaño
- b) Su temperatura
- c) Su distancia
- d) Su volumen

Las preguntas 4 y 5 nos dicen qué tanto asocia un estudiante el término cuerpo negro con la física de la estrella y reconoce que el color y la temperatura en una estrella están directamente relacionados.

6. ¿Cómo crees que los astrónomos han estudiado las estrellas?

7. ¿Sabes cómo es una estrella por dentro? Sí _____ No _____
Si su respuesta es sí explique

La intención de las preguntas 6 y 7 es identificar si el estudiante reconoce la espectrometría y la fotometría como técnicas importantes para el estudio de las estrellas y si ha indagado sobre su estructura interna.

8. Qué significan los siguientes términos

Término	Significado
a) Supernova	
b) Nebulosa planetaria	
c) Enana blanca	
d) Agujero negro	

Estos términos básicamente son nombres que reciben las estrellas en diferentes etapas de su evolución dependiendo de la masa con que nacen y de la masa que pierden en la segunda fase. Sus nombres no siempre se asocian con las estrellas. La idea es identificar si los jóvenes encuestados relacionan estos objetos con una etapa de la estrella o con otros tipos de estrellas.

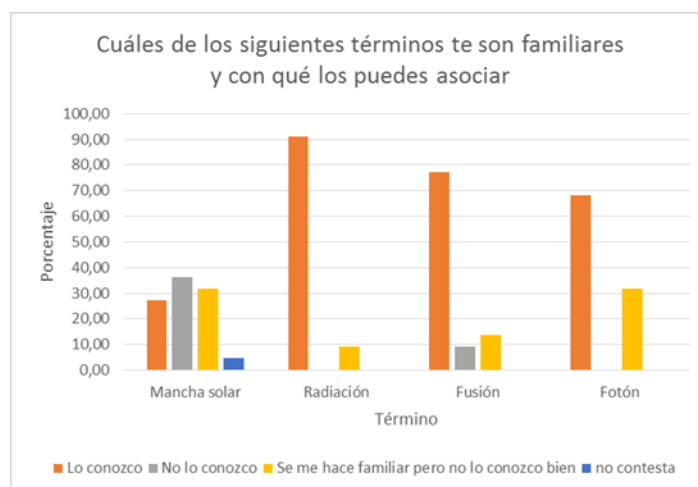
5.1.2 Resultados de la aplicación del cuestionario

El cuestionario se realizó a 22 estudiantes de licenciatura en ciencias de la Universidad del Valle, los estudiantes estaban repartidos entre estudiantes de tercer, quinto y octavo semestre.

1. Cuáles de los siguientes términos te son familiares o los reconoces y con qué los puedes asociar

Tabla No 1: Términos que están asociados a las estrellas y respuesta de los docentes en formación

Término	Mancha solar	Radiación	Fusión	Fotón
Lo conozco	6	20	17	15
No lo conozco	8		2	
Se me hace familiar pero no lo conozco bien	7	2	3	7
No contesta	1			
Total	22	22	22	22



Los términos más familiares a los docentes en formación son radiación y fotón el 90.0 % dice que ha estudiado el término radiación en clase y el 68.18 % reconoce el término fotón y dice que lo han visto en la universidad. El 77.27 % contestó que reconoce el término fusión pero lo asoció a cambio de estado, solo un estudiante lo asocia con la reacción nuclear aunque manifiesta que se le confunde con fisión.

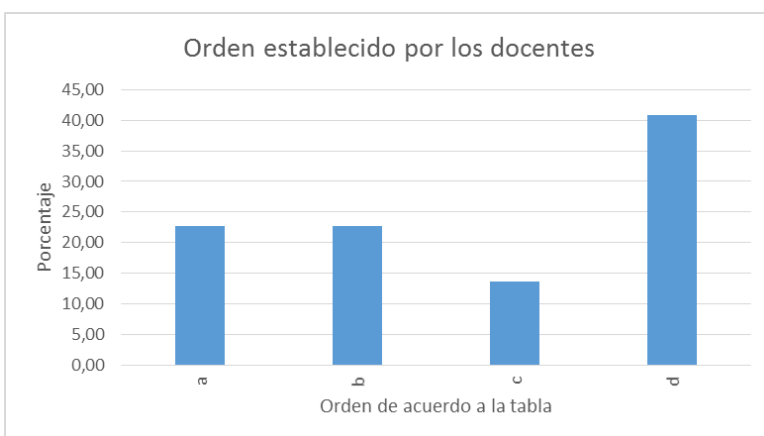
Se observa que los futuros docentes de ciencias de alguna manera han escuchado los términos más comunes que se relacionan con las estrellas pero no hay una fundamentación concreta en ellos sobre el tema, está propuesta debe incluir una buena conceptualización sobre éstos conceptos, los cuales son fundamentales para comprender la estructura de una estrella.

2. Para comprender la composición y estructura de las estrellas los astrónomos han utilizado varios instrumentos. Ordénalos del más importante al menos importante.

- a) Telescopios
- b) Radio telescopios
- c) Espectrómetros
- d) Binoculares

Tabla No 2: Instrumentos más utilizados para analizar una estrella y orden de importancia que dan los docentes en formación

Orden establecido por los jóvenes	No de participantes
a. Telescopios, espectrómetros, radiotelescopios, binoculares	5
b. Espectrómetros, radiotelescopios, telescopios, binoculares	5
c. Espectrómetros, telescopios, radiotelescopios, binoculares	3
d. Otro	9
Total	22



Convenciones:

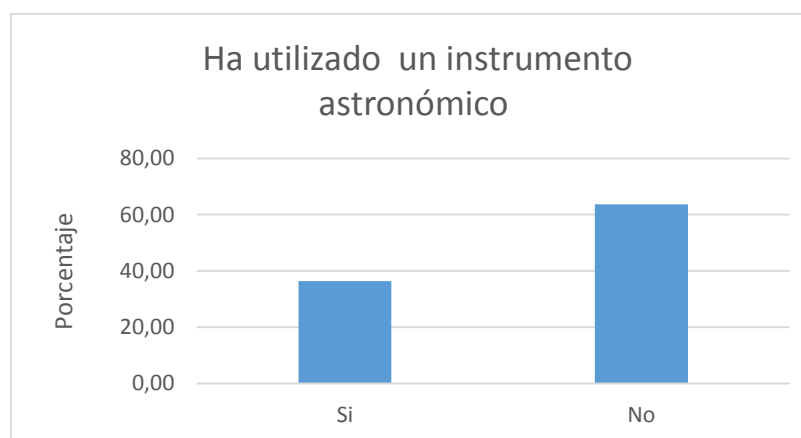
- a. Telescopios, espectrómetros, radiotelescopios, binoculares
- b. Espectrómetros, radiotelescopios, telescopios, binoculares
- c. Espectrómetros, telescopios, radiotelescopios, binoculares
- d. Otro

Aunque las respuestas fueron más bien dispersas, el 36.4 % de los jóvenes maestros consideró importante el espectrómetro, el 22 % consideró prioritario el telescopio, con lo que podemos deducir que el grupo no es realmente ajeno al tema a pesar de que la universidad no tiene una asignatura específica de astronomía estelar o astronomía general se puede concluir que los docentes en formación se han interesado en el tema de manera espontánea ya que los instrumentos aquí mencionados no son ajenos a ellos. Sin embargo es importante en la propuesta resaltar el papel del espectrómetro en el análisis estelar pues éste instrumento es el que nos habla de la composición y dinámica de las estrellas.

3. ¿Has utilizado alguna vez un instrumento astronómico?

Tabla No 3: Respuestas de los docentes con relación al uso de instrumentos astronómicos

Respuesta	No de participantes
Si	8
No	14
Total	22



El 63 % de los encuestados no ha utilizado un instrumento astronómico y todos dicen que es porque no han tenido la oportunidad. Se hace prioritario un trabajo de uso de algunos instrumentos

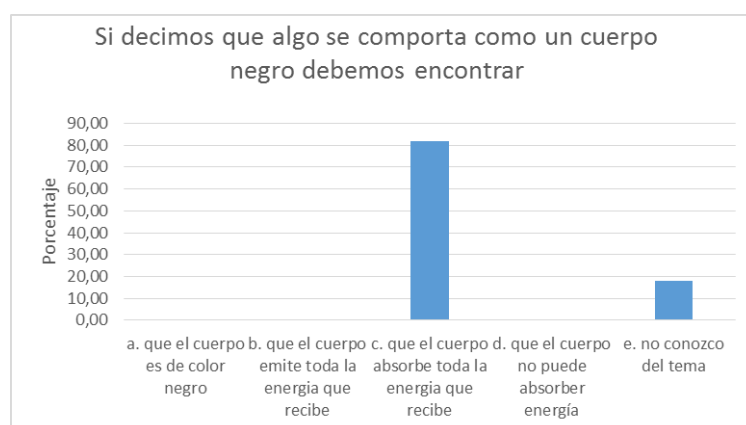
como de un espectroscopio sencillo, que los mismos docentes pueden elaborar y comprender su uso, como también es importante que puedan utilizar un telescopio o programas de observación que les permitan ampliar el panorama de recursos para estudiar aspectos estelares.

4. Si decimos que algo se comporta como un cuerpo negro debemos encontrar los siguiente:

- a) Que el cuerpo es de color negro
- b) Que el cuerpo emite toda la energía que recibe
- c) Que el cuerpo absorbe toda la energía que recibe
- d) Que el cuerpo no puede absorber energía
- e) No conozco del tema

Tabla No 4: Respuestas de los docentes respecto a la definición de cuerpo negro

Respuesta	No de participantes
a. que el cuerpo es de color negro	0
b. que el cuerpo emite toda la energía que recibe	0
c. que el cuerpo absorbe toda la energía que recibe	18
d. que el cuerpo no puede absorber energía	0
e. no conozco del tema	4
Total	22



El 81.8 % está familiarizado con el término un cuerpo negro. Sin embargo, no se hicieron preguntas que permitieran observar si se comprende ampliamente el concepto así que es importante

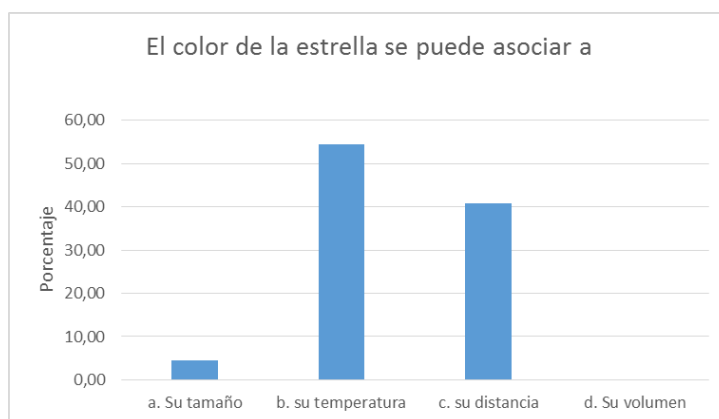
que se considere en la propuesta no solo de manera teórica sino que su comprensión permita una asociación de dos parámetros estelares que serán importantes en la conceptualización de la estrella, la temperatura y el color.

5. El color de las estrellas se puede asociar a

- a) Su tamaño
- b) Su temperatura
- c) Su distancia
- d) Su volumen

Tabla No 5: Qué tanto asocia el docente el color de las estrellas a su temperatura o a otras propiedades

Respuestas	No de participantes
a. Su tamaño	1
a. Su temperatura	12
b. Su distancia	9
c. Su volumen	0
Total	22



El 54.6 % de los encuestados contestó acertadamente, no obstante un alto porcentaje, el 40 % consideró la distancia como factor determinante del color de la estrella. Una propuesta que tenga en cuenta los parámetros estelares que permitan diferenciar las características de brillo, luminosidad y color de las estrellas conllevará a una asociación con otros aspectos como tamaño, masa y temperatura.

6. ¿Cómo crees que los astrónomos han estudiado las estrellas?

Tabla No 6: Respuestas sobre como entienden los docentes que se estudian las estrellas

Respuestas	No de participantes
Observación, instrumentos, técnicas físicas (incluyen telescopios)	9
Observación, indagación y análisis	2
Instrumentos	5
No contesta	2
Otros	4
Total	22

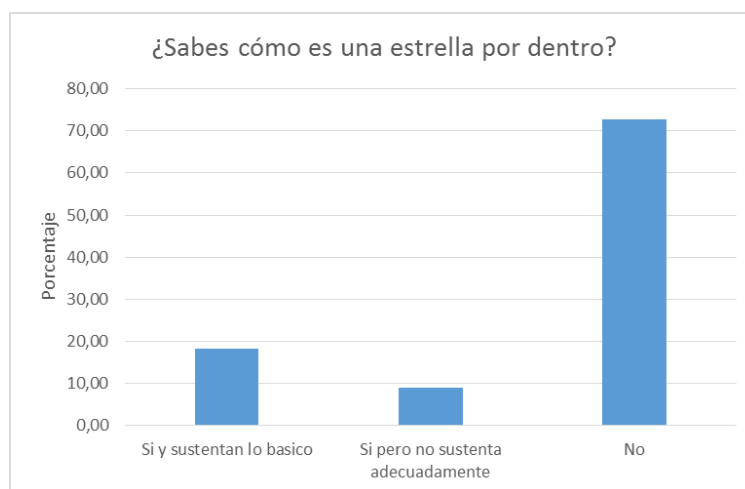


El 40.9 % considera que debe hacerse por observación y por técnicas con instrumentos, mencionan satélites y telescopios. Ninguno incluye el espectroscopio como instrumento importante para este estudio. Dado que el espectroscopio es fundamental en el análisis y estudio de las estrellas debe incluirse su función y principio en la propuesta como elemento que permite dar respuestas a la composición y evolución estelar.

7. ¿Sabes cómo es una estrella por dentro?

Tabla No 7: Respuestas de los docentes sobre cómo es una estrella por dentro

Respuestas	No de participantes
Si y sustentan lo básico	4
Si pero no sustenta adecuadamente	2
No	16
Total	22



El 72 % de los encuestados manifiesta no saber cómo es una estrella por dentro. Del 27.2 % que manifiesta conocer cómo es una estrella por dentro el 18,2 % tienen idea al mencionar que está compuesta por gases y que allí se genera energía y el 9.1 % muestra imprecisión al decir que es como un planeta o que en realidad no sabe. Abrir un espacio a la enseñanza de la astronomía

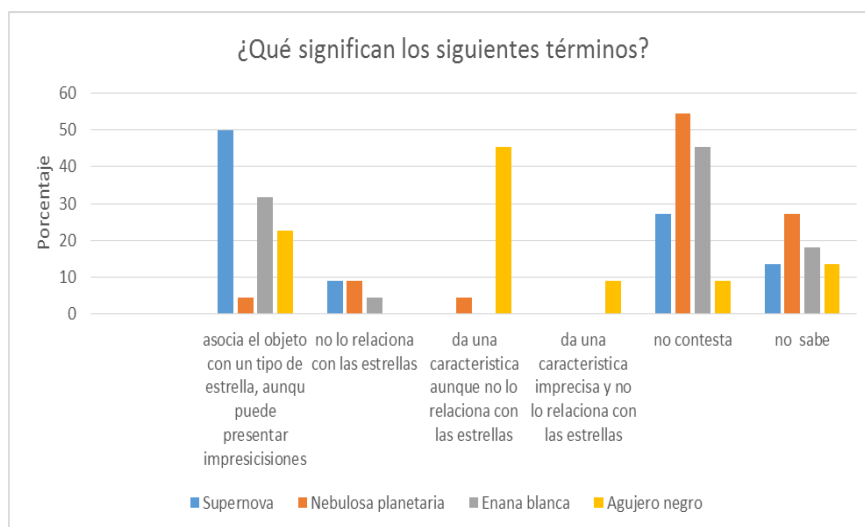
estelar hará más asequible nuestra propia estrella, el Sol y las demás estrellas al comprender la estructura y dinámica de una estrella.

8. ¿Qué significan los siguientes términos?

- a) Supernova
- b) Nebulosa planetaria
- c) Enana blanca
- d) Agujero negro

Tabla No 8: concepto de los participantes sobre supernova, nebulosa planetaria, enana blanca y agujero negro

Término	Supernova	Nebulosa planetaria	Enana blanca	Agujero negro
Asocia el objeto con un tipo de estrella, aunque puede presentar imprecisiones	11	1	7	5
No lo relaciona con las estrellas	2	2	1	
Da una característica aunque no lo relaciona con las estrellas		1		10
Da una característica imprecisa y no lo relaciona con las estrellas				2
No contesta	6	12	10	2
No sabe	3	6	4	3
Total	22	22	22	22



A pesar de la complejidad del agujero negro es uno de los términos que más popularidad obtuvo dentro de los participantes, aunque no lo relacionaron mucho con una estrella, se les hizo familiar y el 45 % dio una característica del mismo, esto es posible que se deba a que de alguna manera se ha mencionado en programas científicos y noticias relacionadas con las estructuras del universo como también en películas de ficción. El objeto que más se asocia a una estrella es la supernova aunque no hay mucha claridad sobre su naturaleza y el objeto que menos asocian a una estrella es la enana blanca. Una idea general de cómo evoluciona la estrella dará claridad sobre lo que son cada uno de estos cuerpos celestes.

5.1.3 Análisis de los resultados obtenidos en la aplicación del cuestionario

Un seguimiento al telescopio del Sol, permite acercarnos a los términos mancha solar, radiación, fotón e incluso fusión. Los jóvenes participantes del cuestionario seguramente habían trabajado en sus clases de física estos temas, por lo que en sus respuestas manifestaron cierto grado de familiaridad con ellos, pero no se observó una fundamentación clara. Si asociamos estos términos con una estrella como el Sol, mostrando su superficie al telescopio para explicar algunas de sus características como manchas solares y fulguraciones, además de explicar su estructura interna y dinámica probablemente se logre una mejor retención y comprensión de estos conceptos, los cuales podrán encontrarse más adelante a nivel tecnológico o en su cotidianidad y se fortalecerá la confianza en el futuro docente para tratar estos temas con sus estudiantes.

Es natural que un docente de ciencias en cualquier momento se enfrente a preguntas sobre la naturaleza del Sol y fenómenos que ocurren dentro de él, la siguiente pregunta de parte de sus estudiantes será, ¿y cómo saben los científicos eso? En cuanto a los instrumentos para estudiar

las estrellas es posible que concluyamos que todos son importantes pero definitivamente el espectroscopio es el que da la pauta con lo referente a su composición y evolución, solamente el 22 % lo consideró prioritario; una propuesta que relacione el uso de instrumentos astronómicos con el estudio de la luz de las estrellas permitirá ampliar el panorama de los futuros docentes en cuanto a la parte tecnológica y conceptual, particularmente el uso del espectroscopio generará una mejor teorización sobre la naturaleza de la luz y de la estructura del átomo.

A pesar de que el 81.8 % de los docentes en formación identificó que el cuerpo negro absorbe toda la energía que recibe, mostrando cierta familiaridad con él, el 45.4 % no asoció el color de las estrellas con su temperatura, observándose nuevamente la necesidad de profundizar en el concepto de luz y del comportamiento de un cuerpo negro, aquí se observa la oportunidad de utilizar las estrellas como elementos integradores hacia la comprensión de un concepto que para ilustrarlo se trabaja con un experimento mental en los textos de física, pero que se puede asociar a un objeto celeste muy cotidiano como es el Sol y las estrellas en general.

El estudio de la estructura y dinámica de una estrella permite ahondar en temas de termodinámica, donde se relaciona el transporte de energía por radiación y convección y se explica el origen de su radiación como un proceso que ocurre cuando la materia se encuentra en estado plasma, un estado bastante común en el universo pero que es difícil de imaginar debido a que no lo podemos palpar directamente como el caso de los sólidos, los líquidos y los gases. Una propuesta donde las estrellas sean estudiadas en cuanto a su composición y evolución permitirán relacionarse con el comportamiento de la materia en condiciones extremas.

A pesar de que se observa un interés en el tema los futuros docentes no relacionan los nombres como nebulosa planetaria, enana blanca o agujero negro con las estrellas lo cual confirma la necesidad de ahondar en los conceptos de evolución estelar. Si términos tan complejos como agujero negro y super nova, no son del todo ajenos a los docentes es en parte porque son temas que de alguna manera les llegan; así que las nuevas generaciones seguramente indagarán sobre estos objetos. Por lo que es importante que el docente de ciencias comprenda sobre él porque y las diferencias de elementos como el agujero negro y la nebulosa planetaria.

5.2 ANÁLISIS DE LIBROS DE FÍSICA

Se analizaron tres libros de física, “física para ciencias e ingeniería con física moderna” de Raymond A Serway y John W Jewett Jr; “Física para la ciencia y la tecnología” de Paul A Tipler y Gene Mosca y “Fundamentos de física” de Frederick Bueche. En los libros analizados se encontró que vienen divididos en dos tomos en el primer tomo contienen 3 partes, mecánica, ondas mecánicas y termodinámica y en el segundo tomo se encuentran electricidad y magnetismo, luz y óptica y comienzan a incluir un capítulo a parte que se llama física moderna.

En la parte de mecánica se encuentran temas como la ley de la gravedad en donde se abordan las leyes de Kepler, enunciándolas y se realizan cálculos de aceleración de la Luna, teniendo en cuenta la tercera ley que dice que el cuadrado del período orbital de un planeta es proporcional al cubo del eje semimayor de la órbita elíptica del planeta. En luz y óptica en algunos casos se explica brevemente cómo funciona el espectroscopio, aunque no profundiza en su aplicación para el análisis de la luz de las estrellas y en la parte de física moderna, ya se consideran temas que están

directamente asociados con la evolución estelar como las reacciones de fusión. A continuación se presenta lo encontrado en algunos textos de física.

5.2.1 Física para ciencias e ingeniería con física moderna

Autores: Raymod A Serway y John W Jewett Jr. Séptima edición, Cengage Learning ediciones. México, 2008.

En el segundo volumen se encuentra el capítulo: “Física moderna” que a su vez comprende varios subcapítulos, donde se tratan algunos temas que se relacionan con la astronomía estelar: En el subcapítulo “Introducción a la física cuántica” se encuentra el tema: “Radiación de un cuerpo negro e hipótesis de Planck” donde se explica cómo se comporta un cuerpo negro, concepto que es fundamental para comprender una estrella pues ésta se comporta como un cuerpo negro:

“Una buena aproximación a un cuerpo negro es un orificio pequeño que conduce al interior de un objeto hueco, como se muestra en la figura 40.1. Toda la radiación que incide en el orificio desde el exterior de la cavidad penetra en la abertura y es reflejada varias veces por las paredes internas de la cavidad, por esto, el orificio funciona como un absorbente perfecto. La naturaleza de la radiación que abandona la cavidad a través del orificio depende sólo de la temperatura de las paredes de la cavidad y no del material del que las paredes están fabricadas. Los espacios entre carbones ardientes (figura 40.2, que corresponde a la figura 28 de este documento) emiten una luz que es muy similar a la radiación de un cuerpo negro”. (Serway & Jewett, 2009, pág. 1154)

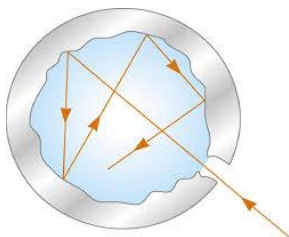


Figura 27: “la cavidad en el interior de un objeto hueco es una buena aproximación de lo que es un cuerpo negro...” (Serway & Jewett, 2009)



Figura 28: “El resplandor que emana de los espacios entre estas briquetas de carbón ardiente es una buena aproximación a la radiación de un cuerpo negro...” (Serway & Jewett, 2009)

Después de explicar cómo la radiación emitida aumenta con la temperatura y de ilustrar la ley de Stefan y de Wien los autores hacen una pregunta que llaman pregunta rápida:

“Pregunta rápida 40.1 La figura 40.4 (corresponde a la figura No 29 de este documento) muestra dos estrellas en la constelación de Orión. Betelgeuse emite un resplandor rojo, en tanto que Rigel tiene Betelgeuse emite un resplandor rojo, en tanto que Rigel tiene un color azul. ¿Cuál de las estrellas tiene una temperatura superficial más elevada? a) Betelgeuse, b) Rigel, c) ambas poseen la misma temperatura superficial, o d) imposible de determinar”.



Figura No 29: “¿Cuál de estas estrellas está más caliente?” (Serway & Jewett)

Aunque durante la explicación del concepto del cuerpo negro no se hace alusión a las mismas, se puede observar cómo se introducen conceptos que se asocian a las estrellas con este tipo de preguntas, en éste caso no se entra en detalles del por qué hay estrellas azules y estrellas rojas, ni se hace ninguna referencia con relación a su estado evolutivo.

En el Subcapítulo de “Física atómica” aparece el tema: “Espectros atómicos de los gases” aquí después de explicar cómo se forman los espectros se menciona que la espectroscopia es útil para el análisis de sustancias, que un espectro de absorción se obtiene pasando la luz de una fuente luminosa por un gas o solución diluida de elemento. Da el ejemplo del espectro continuo del Sol que pasa a través de su atmosfera solar donde los gases son más fríos... y continúa relatando como en el Sol se identificó el helio primero que en la Tierra:

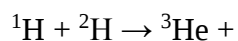
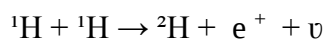
“El espectro de absorción de un elemento tiene muchas aplicaciones prácticas. Por ejemplo el espectro continuo de la radiación emitida por el Sol debe pasar a través de los gases más fríos

de la atmósfera solar... los científicos descubrieron que ciertas líneas no coincidían con ningún elemento conocido. ¡Se había descubierto un nuevo elemento! Este nuevo elemento fue llamado helio, por la palabra en griego para Sol...” (Serway & Jewett, 2009, págs. 1216-1217)

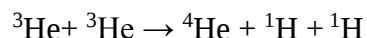
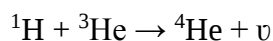
Durante la exposición de aplicabilidad de la espectroscopia se menciona que la luz de las estrellas ha sido estudiada por éste método pero no se profundiza en los hallazgos del método y como sirvió para su clasificación y esclarecimiento de su evolución.

En el subcapítulo “aplicaciones de la física nuclear” se explica en que consiste la fisión nuclear y como aplicación de la reacción presenta cómo funciona un reactor nuclear, seguidamente encontramos el tema de fusión nuclear, aquí se explica en que consiste y se ejemplifica con las reacciones protón-protón:

“Cuando dos núcleos ligeros se combinan para formar un núcleo más pesado, el proceso se denomina fusión nuclear. Porque la masa del núcleo final es menor que las masas combinadas de los núcleos originales, hay una pérdida de masa acompañada de liberación de energía. Dos ejemplos de estas reacciones de fusión con liberación de energía son los siguientes:



Estas reacciones se presentan en el núcleo de una estrella y son las causantes del derrame de energía que proviene de ella. Esta segunda reacción es seguida por la fusión de hidrógeno-helio o por la fusión de helio-helio:



Estas reacciones de fusión son básicas en el ciclo protón-protón...” (Serway & Jewett, 2009, pág. 1335)

“Pregunta rápida 45.4 En el núcleo de una estrella se combinan núcleos de hidrógeno en reacciones de fusión. Una vez que el hidrógeno se agota, puede presentarse una fusión de núcleos de helio. Una vez que se agote el helio, si la estrella es lo suficientemente grande, puede ocurrir la fusión de núcleos cada vez más pesados. Considere reacciones de fusión en donde intervienen dos núcleos con el mismo valor de A. Para estos tipos de reacciones exotérmicas, ¿cuáles de los siguientes valores de A son imposibles? a) 12, b) 20, c) 28 o d) 64” (Serway & Jewett, 2009, pág. 1336)

Presentadas estas reacciones y la pregunta rápida se aborda el tema de reacciones de fusión terrestre como una alternativa de producción de energía y abandona el tema con relación a lo concerniente a los procesos estelares. No obstante es importante aclarar que el libro muestra de alguna manera la aplicabilidad de este concepto en el tema de astronomía estelar.

5.2.2 Física para la ciencia y la tecnología

Autores: Paul A. Tipler y Gene Mosca. Sexta edición, editorial Reverté, Universidad Autónoma de Barcelona. 2011.

Igual que el libro anterior hay 3 tomos llamados volúmenes. En el segundo volumen, en el capítulo sobre propiedades de la luz se encuentra el tema “Espectros de luz”, donde explica cómo funciona un espectroscopio:

“la luz de la fuente pasa a través de una estrecha ranura, atraviesa una lente para que el haz sea paralelo e incide sobre un prisma de vidrio, donde se refracta dos veces... el espectro de la fuente puede analizarse en función de sus longitudes de onda...” (Tipler & Mosca, 2011, pág. 1080)

Continúa con el tema “Fuentes luminosas” dice cómo se forman las líneas espectrales:

“cuando un átomo choca con otro átomo o con un electrón libre, o cuando absorbe energía electromagnética los electrones externos pueden excitarse a estados energéticos más elevados. Después de 10 ns, estos electrones externos verifican espontáneamente transiciones a estados de menor energía con la emisión de n fotón... la energía del fotón emitido es la diferencia entre los dos estados... la longitud de onda de la luz emitidas es, por lo tanto, $\lambda = c/f = hc/hf = hc/ \Delta E \dots$ ” (Tipler & Mosca, 2011, pág. 1081)

Con la fórmula anterior se pueden hacer cálculos de la energía correspondiente a determinadas longitudes de onda y son ilustrados en el libro, luego continúan explicando sobre espectros continuos y relacionan la longitud de onda con la temperatura:

“A medida que un objeto se calienta, la energía radiada tiene longitudes de onda cada vez más cortas. Entre unos 600°C y 700°C, una parte importante de la energía radiada corresponde

al espectro visible y el cuerpo resplandece a un color rojo oscuro. Si la temperatura sigue aumentando, el cuerpo toma un aspecto rojo brillante y por último blanco...” (Tipler & Mosca, 2011, pág. 1081)

También se menciona cómo la temperatura superficial del Sol es 6000 K y su espectro es constante en las longitudes de onda visibles al ojo humano pero no hace más referencias ni asociaciones con la astronomía estelar de la espectroscopia.

Más adelante el libro en su capítulo de “Fisión y fusión” habla de la reacción de fusión y se centra en la posibilidad de producir energía por este método, aunque si aclara que la entidad apta para realizar estas reacciones es la estrella:

“... para obtener energía mediante fusión, se deberá elevar la temperatura lo suficiente, de modo que la reacción de fusión tenga lugar como consecuencia de las colisiones térmicas... una temperatura correspondiente a $kT = 10 \text{ KeV}$ es adecuada para conseguir un número razonable de reacciones de fusión... La temperatura correspondiente a $kT = 10 \text{ KeV}$ es del orden de 10^8 K . Tales temperaturas se alcanzan en el interior de las estrellas, en donde estas temperaturas son corrientes...” (Tipler & Mosca, 2011, pág. 1380)

Se hace especial énfasis en la posibilidad de generar energía por este método, mencionando dos proyectos:

“...uno de ellos el confinamiento magnético, utiliza un campo magnético para confinar el plasma...” y... otro llamado confinamiento inercial, una masa comprimida de deuterio y tritio

sólidos en forma de micro esferas es bombardeada en todas las direcciones...” (Tipler & Mosca, 2011, pág. 1380)

El libro muestra algunos conceptos como la parte de la espectroscopia y la fusión de elementos para la comprensión de la astronomía estelar pero no profundiza, en cuanto la espectroscopia abandona rápidamente el tema estelar y en la fusión nuclear se centra en la posibilidad de generar energía por este método.

5.2.3 Fundamentos de Física

Autor: Frederick Bueche . Editorial McGraw-Hill, 1984

En este libro se presentan varios capítulos sobre física moderna: “Nacimiento de la física moderna”, “Núcleo atómico”, “Física del universo”.

Al tratar el tema de fusión nuclear la asocia con el Sol, el cual se calienta por reacción de fusión debido a la gran fuerza de gravedad que se ejerce sobre los núcleos de hidrógeno que generan la reacción:

“Las extremadamente altas temperaturas de su núcleo provocan que los protones choquen con tan alta energía que se llegan a encontrar lo suficientemente juntos como para fusionarse. Au cuando los protones y otras partículas tienen la suficiente energía térmica como para escapar de cualquier contenedor ordinario, la descomunal fuerza gravitacional que ejerce sobre ellos la masa

del Sol los confina dentro del Sol. En efecto la fuerza gravitacional del Sol constituye un contenedor en el que es posible la reacción de fusión” (Bueche, 1984, pág. 874)

De los libros revisados este es el único que trae un subcapítulo llamado “Evolución estelar”, en tres páginas hace un recuento muy somero sobre cómo evolucionan las estrellas, en el siguiente párrafo se observa como comienza el tema:

“Empujada radialmente hacia adentro por las fuerzas gravitacionales, la estrella continuará contrayéndose hasta que su presión interna se iguale con la gravitacional. Como en cualquier gas la presión interna se incrementa en la elevación de la temperatura... En otras palabras los protones se fusionan en esta reacción para formar helio y dos protones...” (Bueche, 1984, pág. 875)

El autor continúa haciendo referencia a la formación de una gigante roja y la enana blanca pero no profundiza en el tema, pues deja a un lado lo referente a parámetros estelares, su clasificación y sus posibilidades de acuerdo a su masa y brillo al nacer y al convertirse en gigante roja.

5.2.4 Resultados del análisis de libros de física

Al revisar los textos física se observa que hay una intención de divulgar algunos aspectos que se relacionan con la astronomía estelar, ya que se abordan temas como, reacciones nucleares, algunos aspectos física cuántica y espectroscopia. Sin embargo, los textos se quedan cortos en varios aspectos: no tienen en cuenta la parte observacional y la ubicación espacial dentro de la esfera celeste. A pesar de que explican el comportamiento de la luz, el concepto de espectro y la

radiación de un cuerpo negro, lo hacen de forma muy teórica, sin permitir una interacción directa de instrumentos como el telescopio y el espectroscopio con el cual se puede hacer un acercamiento más tangible al estudiante para comprender las bases de estos conceptos, y la parte de evolución estelar como tal no se tiene en cuenta. De allí la importancia de una propuesta que no considere de manera tangencial la astronomía estelar, sino que al contrario siendo un eje de conocimiento donde se comience con una orientación y ubicación en el cielo desde modelos ptolemaicos para hacer más comprensible la interpretación de los mapas celestes y la forma como se va ideando el ser humano una imagen de su mundo y del universo. La propuesta debe comprender el uso de simuladores o programas que permitan dimensionar nuestro sistema y la organización espacial de los diferentes cuerpos celestes como también el uso de mapas celestes, los cuales no son utilizados en los textos de física porque no es preocupación de sus autores la orientación y ubicación del estudiante dentro de un entorno espacial que incluya el cielo.

6 PROPUESTA

La propuesta comprende 3 momentos, en el primer momento se pretende que los docentes se familiaricen con el cielo, comprendan como ubicarse en él, identifiquen algunos cuerpos celestes y su dinámica de manera general, luego viene un segundo momento donde los docentes observarán y analizarán por telescopio algunos objetos nebulosos que tienen una relación directa con la evolución de las estrellas y tendrán la oportunidad de realizar un espectroscopio casero, entender su principio comprender como la espectroscopia aporta de manera significativa en el entendimiento de la estructura y evolución de una estrella. Finalmente viene el tercer momento donde los participantes podrán comprender los principios físicos que explican los modelos de la evolución estelar

6.1 APRENDIENDO A UBICARNOS EN LA BÓVEDA CELESTE

La astronomía de posición como su nombre lo indica estudia la posición de los astros con relación a nuestra ubicación. Toma como base la esfera celeste, es decir la prolongación radial desde la Tierra hacia afuera y a partir de allí realiza las observaciones y cálculos pertinentes para inferir eventos astronómicos como un eclipse de Sol, el tránsito de un planeta, el recorrido de un cometa o de un asteroide o una lluvia de meteoros.

En la enseñanza de las ciencias naturales la astronomía de posición puede ser un eje que articule las matemáticas, las ciencias naturales y las ciencias sociales, pues su comprensión implica conceptos de trigonometría, medida, manejo de escalas, coordenadas terrestres y otros temas relacionados con todas las ciencias, responde a preguntas como el porqué de las estaciones, de las

mareas, de las fases de la Luna, de la duración de un viaje a Marte o de las sondas hacia distintos puntos del espacio. La astronomía de posición aporta un punto de referencia en el universo y contribuirá al docente en formación en su requerimiento disciplinar desde las ciencias de la Tierra y el espacio y le portará herramientas que le permitan mostrar al joven aprendiz el firmamento, sus diferentes estructuras y cómo disfrutar de él

6.1.1 Explorando las explicaciones de los participantes

Para identificar las explicaciones sobre el tema, se pueden utilizar preguntas orientadoras, las cuales pueden resolverse en grupos pequeños dando un tiempo prudente para que los participantes puedan opinar y realizar una plenaria con el fin de unificar conceptos. La idea es trabajar sobre los conceptos que tienen los docentes y en caso de no poder responder algunas preguntas se sugiere dejarlas pendientes para retomarlas a medida que se amplíen conceptos.

Preguntas orientadoras

- ¿Por qué son importantes los sistemas de referencia?
- ¿Tendrán iguales o diferentes descripciones del cielo los dos observadores de la figura No 30?



Figura 30: Bóveda celeste con dos observadores ubicados en puntos diferentes (Vásquez P, 2012)

- ¿Cómo se pueden ubicar aproximadamente los puntos cardinales en un lugar desconocido, durante la noche y sin brújula?
- Con relación al movimiento del Sol, ¿Cómo se mueve durante el año y qué constelación se observa al amanecer en esta época en la misma dirección de la salida del Sol?
- ¿En qué constelación estaba el Sol al amanecer en la fecha de tu nacimiento?

Con las preguntas orientadoras se pretende que el docente vaya ubicándose en la esfera celeste sin preocuparse por el tipo de modelo utilizado, simplemente entendiéndose como un punto de referencia con relación a la bóveda celeste. Con la última pregunta se espera que el docente vaya observando por sí mismo que no hay relación directa entre una constelación y su vida o forma de vivir.

6.1.2 Reconociendo la ubicación y movimiento del Sol a través de la esfera armilar

La esfera armilar es un instrumento ideal para comprender el recorrido aparente del Sol, el ángulo entre el ecuador y la eclíptica, visualizar al observador en el centro como punto de referencia y comprender las líneas de la esfera celeste y sus puntos más importantes. Una esfera armilar se puede hacer de forma artesanal, con una jaula esférica a la que se le adapta un aro para representar la eclíptica como se observa en la figura No 31 sirve para mostrar el Ecuador celeste, los meridianos y la eclíptica.



Figura No 31: Esfera armilar fabricada de manera artesanal. La “jaula esférica está apoyada en una base de madera que indica el Ecuador celeste y que sirve para inclinar la esfera de acuerdo a la latitud del observador. La esfera azul en el centro representa la Tierra (herramienta didáctica de mi colección)

Preguntas relacionadas con el uso de la esfera armilar

- ¿Cómo será el horizonte de acuerdo a la latitud del observador?
- ¿Podemos inferir cuáles están más cerca de nosotros o cuáles son más lejanas?
- ¿Cuántas y cuáles pueden ser las coordenadas necesarias para ubicar una estrella?
- Utilizando la posición del Sol como referencia, suponga observadores en diferentes posiciones para determinar las horas en cada caso.

Las preguntas anteriores permitirán que el docente observe como cambia el cielo dependiendo del punto geográfico donde se encuentre el observador, entenderá que la esfera celeste solo es una guía visual y que no nos da la posibilidad de reconocer distancias entre las estrellas y comprenderá

como se pueden ubicar las estrellas por medio de dos coordenada polares, aunque aún no sepa cuáles son los nombres de dichas coordenadas.

6.1.3 Orientándonos con la carta celeste

Teniendo una visión clara del modelo de la esfera armilar es más fácil utilizar la carta celeste, en la que se puede explicar el sistema de coordenada ecuatoriales e identificar la ascensión recta y declinación, observar las diferentes constelaciones como regiones del cielo y sus figuras, observando que unas son circumpolares, otras están en el Norte, otras en el Sur, las convenciones de la carta en cuanto a la magnitud de las estrellas y algunos objetos nebulosos.

Preguntas relacionadas con el uso de la carta celeste

- Identifique las siguientes constelaciones: Orión, Escorpión, Casiopea, Cruz del Sur y El Cisne
- ¿Cuál es la ascensión recta y declinación de la estrella más brillante de cada una de las constelaciones identificadas?
- Identifique una constelación reconocida en el cielo como las de la primera pregunta y ubique otras constelaciones a su alrededor ayudándose con la carta celeste.
- Cuáles constelaciones tendrán un recorrido más corto en el cielo y por qué.

Estas preguntas permiten que el docente se empiece a ubicar con la carta celeste, identificando las constelaciones más reconocidas y más vistosas del cielo, así mismo comenzará a utilizar las coordenadas de ascensión recta y declinación y observará como al reconocer una sola constelación en el cielo puede seguir identificando otras a su alrededor siguiendo la carta sin necesidad de ubicar sus coordenadas.

6.1.4 Ubicándonos a través de un programa interactivo

Después comprender un mapa celeste podemos pasar a un programa libre como por ejemplo el programa Stellarium, el cual tiene una barra de herramientas muy sencilla y nos da el cielo en tiempo real, durante la familiarización con el programa se puede responder las preguntas orientadoras.

Preguntas relacionadas con el uso de Stellarium

- ¿Qué constelaciones se ven durante todo el año en nuestro cielo?
- ¿Por qué cuando se ve orión no se ve escorpión?
- ¿Qué constelaciones nunca ven los observadores que estén en el hemisferio norte? Y por qué
- ¿Qué constelaciones nunca ven los observadores que estén en el hemisferio sur? Y por qué
- Basándose en el programa Stellarium los estudiantes pueden identificar las principales constelaciones que se pueden observar durante una noche de observación programada a simple vista y con binoculares y se debe programar una salida de campo utilizando un formato para registrar lo observado
- Los futuros docentes exponen alguna posibilidad del software en clase de ciencias naturales en grupos pequeños de 3 o 4 estudiantes máximo

Las preguntas anteriores permiten que los docentes al utilizar el programa Stellarium, observen su utilidad para reconocer lo que se puede observar desde su punto geográfico y lo compare con otros observadores tanto del hemisferio Sur como del hemisferio Norte, también podrá observar como las constelaciones y estrellas no cambian sus posiciones relativas así que

nunca estarán juntas dos constelaciones que ahora están separadas como Orión y Escorpión. Y al continuar su exploración finalmente podrán hacer propuestas pedagógicas utilizando el programa.

6.1.5 Aspectos históricos de la observación

Es importante acercar al docente a la lectura continua de las ciencias y de su historia. Para contextualizar en la parte histórica de la observación se puede utilizar una lectura que permita una reflexión sobre como veían y percibían nuestros antepasados el cielo.

Las estrellas eran importantes en la cotidianidad de nuestros antepasados

Algunas civilizaciones antiguas como los egipcios que se establecieron cerca del Nilo empezaron a guiarse por la estrella más brillante del cielo, Sirio, la más brillante de la constelación del Can Mayor. Observaron que la crecida del río Nilo coincidía con las primeras apariciones de la estrella en el cielo. Los egipcios también relacionaron el ciclo lunar y solar con los periodos estelares, lo cual les permitió desarrollar un calendario de 365 días organizado en meses de 30 días y 3 semanas de 10 días cada una. (North, 1994, págs. 13-14). Para implantar su calendario los egipcios hicieron observaciones importantes como que la salida de una estrella se corría un poco cada día, tomaron las estrellas más brillantes como puntos de referencia y para identificarlas seguramente las fueron agrupando lo que generaría las figuras de las constelaciones más adelante. Hoy estamos tan acostumbrados a nuestro calendario y nuestro sistema de medir el tiempo que no nos percatamos de que podemos diferenciar unas estrellas de otras, ni de que no salen a la misma hora todos los días y si acaso algunas veces preguntamos hoy ¿qué Luna es?, nos desacostumbramos a observar el cielo, si debemos cumplir una cita acudimos al reloj y si no lo tenemos, consultamos con otra persona pero no miramos por donde va el Sol para hacernos una

idea de la hora. Sin embargo, todo el sistema que tenemos para medir el tiempo es gracias a las culturas antiguas de la humanidad, las cuales básicamente, observaban, reflexionaban y construían conocimiento que permitían desarrollar incluso técnicas para sobrevivir.

Preguntas relacionadas con la lectura

- ¿Por qué eran importantes las estrellas para nuestros antepasados?
- ¿Podemos utilizar el Sol para conocer la hora?
- Teniendo en cuenta el movimiento del Sol. ¿Es posible identificar en qué mes estamos?
- Observe una región del cielo durante una semana, identifique las estrellas más brillantes y sus constelaciones. Luego invente sus propias constelaciones y haga un cuento con ellas. (si no es posible observar directamente el cielo, puede trabajar con un programa de observación)
- En plenaria socializar la experiencia sobre ésta actividad.

Las preguntas realizadas permiten que el docente vea la importancia de observar con atención nuestro alrededor, en el pasado las culturas observando el cielo y en particular el movimiento del Sol y la Luna en el cielo inventaron calendarios, volver a observar e inventar constelaciones nuevas crearan en el docente un momento de reflexión viéndose a sí mismo como un actor del cielo al crear nuevas constelaciones y no como algo lejano a él.

Tabla No 9: Síntesis de secuencia para orientarnos en el cielo

Actividad	Contenido	Propósito
Conversatorio	Sistemas de referencia Bóveda celeste Movimiento del Sol	Identificar ideas previas
Interacción con la esfera armilar	Esfera celeste, horizonte, líneas imaginarias en la esfera celeste.	Reconocer la esfera armilar como herramienta importante para comprender como estamos ubicados con relación al firmamento.
Uso de la carta celeste	Constelaciones, ascensión recta y declinación,	Utilizar la carta celeste para navegar en el cielo.
Estrellas más brillantes y constelaciones	Constelaciones y estrellas más brillantes	Familiarizarse con el programa Stellarium y considerarlo como herramienta para la enseñanza del cielo y la ubicación en él
Observación celeste	Planificación y ejecución de una observación celeste	Planificar y realizar una observación celeste exitosa.
Diseño de actividad utilizando el software	Astronomía de posición	Comprender las posibilidades del software y proponer como se puede utilizar, en el aula de clase para desarrollar una actitud científica en el estudiante.
Las estrellas eran importantes para nuestros antepasados	Componente histórico	Reflexionar sobre la forma como nuestros antepasados “se acercaron” a las estrellas.

6.2 UTILIZANDO INSTRUMENTOS DE OBSERVACIÓN

Entre los instrumentos de observación importantes en esta propuesta hemos considerado dos, el telescopio y el espectroscopio. El telescopio será utilizado para identificar algunos tanto cúmulos abiertos como globulares y algunas nebulosas planetarias, y el espectroscopio se utilizará para observar algunos espectros y comprender su importancia en el estudio de las estrellas.

6.2.1 Explorando las explicaciones de los participantes sobre objetos nebulosos

Se pide a los estudiantes que identifiquen los objetos que presentan las fotografías siguientes, sin dar los nombres



Figura No 32: Cúmulo abierto. NGC 3590 en la constelación de Carina. (ESO/G. Beccari, 2014)

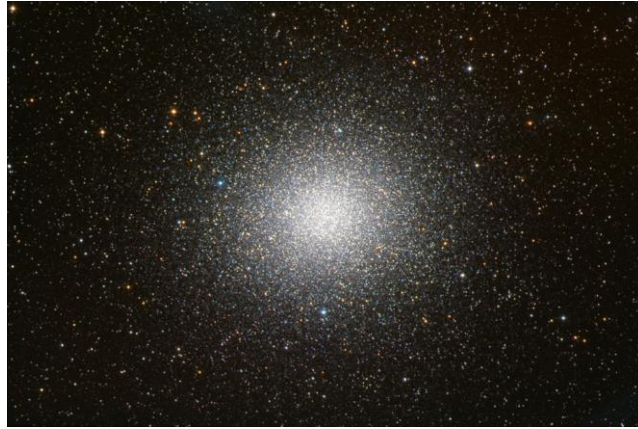


Figura No 33: Cúmulo globular: Omega centauri. (Joaquin Polleri & Ezequiel Etcheverry, 2013)

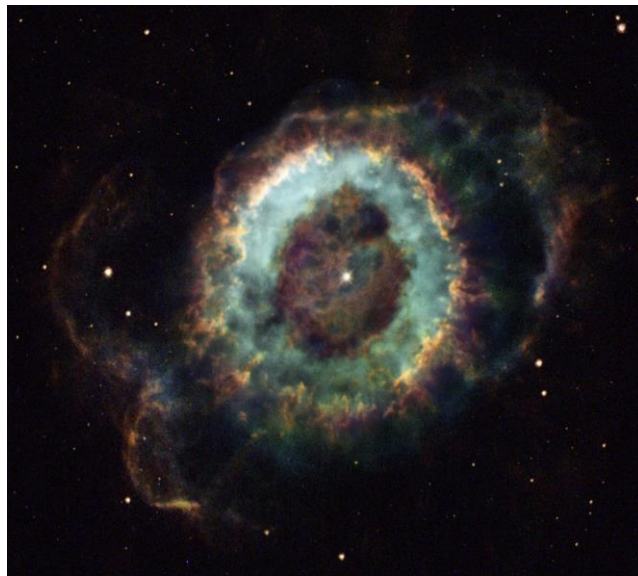


Figura No 34: Nebulosa planetaria. NGC6369 en la constelación de Ofiuco. (Hubble Heritage Team,NASA, 2002)

Los participantes pueden dar su opinión sobre cada una de las imágenes, antes de consultar sobre los objetos nebulosos, luego de una consulta sobre cómo se clasifican que puede ser una tabla de objetos de Messier, los deben de clasificar.

Con esta actividad los participantes se familiarizarán con lo que más adelante observarán a través del telescopio y reconocerán las diferencias entre uno y otro.

6.2.2 Observando algunos objetos nebulosos con el telescopio

El catálogo de Messier es una lista de objetos nebulosos que construyó el astrónomo francés Charles Messier hace más de doscientos años, para descartar cometas en el cielo pues su interés real eran los cometas y como estos objetos eran similares decidió clasificarlos. En la siguiente tabla describen unos pocos objetos de este catálogo que nos sirven para comenzar a observar a través del telescopio y encontrar algunas de sus características.

Tabla No 10: Algunos objetos del catálogo de Messier.

No de Messier	Número NGC	Nombre común	Tipo de objeto	Distancia en miles de A.L.	Constelación	Magnitud aparente
M103	NGC581		Cúmulo abierto	8	Casiopea	7.0
M107	NGC6171		Cúmulo globular	20	Ophiuchus	10.0
M13	NGC6205	Cúmulo de Hércules	Cúmulo globular	22	Hércules	5.8
M1	NGC11952	Nebulosa del Cangrejo	Remanente de supernova	6.3	Taurus	9.0
M45	Mel 22	Pléyades	Cúmulo abierto	0.4	Taurus	1.4
M57	NGC6720	Nebulosa del anillo	Nebulosa planetaria	2.3	Lyra	9.5
M27	NGC6853	Nebulosa Dumbbell	Nebulosa planetaria	1.25	Vulpécua	7.5

(Wikipedia, 2009)

Preguntas relacionadas con la observación de objetos nebulosos con telescopio

- ¿Qué diferencias se encuentra entre un cúmulo abierto y uno globular?
- ¿Qué observas de las nebulosas planetarias?
- ¿Cómo se relacionan los objetos nebulosos observados con las estrellas?

La actividad de observar los objetos nebulosos a través del telescopio pretende que el docente utilice la carta celeste o Stellarium para ubicar los objetos y que manipule el telescopio para identificarlos y los relacione con la vida de las estrellas, la observación no se debe limitar comparar estos objetos desde lo visible sino también de consultar e indagar el porqué de cada uno de ellos. Los docentes podrán también ubicar otros objetos nebulosos en la carta celeste e intentar observarlos.

6.2.3 Explorando explicaciones de los participantes sobre asociaciones de color y temperatura

Con la finalidad de identificar ideas sobre la relación entre color y temperatura, el concepto de espectro electromagnético y su utilidad en el estudio de las estrellas se sugiere formar grupos para resolver las preguntas orientadoras.

Preguntas orientadoras

- Teniendo en cuenta que en la Tierra unas zonas son más calientes que otras, coloree el mapamundi utilizando los colores, azul, rojo, naranja y amarillo y explique la convención de colores.



- Con ayuda del programa Stellarium observe el brillo de las siguientes estrellas: Espiga de Virgo, Antares de Escorpión, Rigel y Betelgeuse de Orión, qué se puede decir sobre sus colores y sus temperaturas.
- Qué son las líneas de Fraunhofer.

Las anteriores preguntas permiten observar si los docentes relacionan el color con la temperatura adecuadamente o si utilizan las convenciones que de manera cultural se han desarrollado como por ejemplo se asocia el rojo al calor y el azul al frío y son la entrada hacia la comprensión de la espectroscopia.

6.2.4 Realizando registros espectroscópicos

La espectroscopia fue y continua siendo fundamental en el estudio de la composición de las estrellas, se basa en el hecho de que la radiación electromagnética y la materia al interactuar generan diferentes espectros los cuales son característicos de los elementos que componen la materia analizada. El docente puede propiciar un ambiente que conlleve a la observación de uno de los fenómenos más relevantes del comportamiento de la luz y que generó la comprensión de la

estructura de la materia, la observación de las líneas de Fraunhofer, de un espectro luminoso, o de elementos y compuestos.

Cuando se quema un elemento hasta la incandescencia se observa una chispa de un color determinado. El color está relacionado con la temperatura alcanzada por el elemento, igual que cuando calentamos la resistencia de la estufa podemos ver que, a medida que aumenta su temperatura se va poniendo roja, si observamos la llama de una vela vemos que predomina el color amarillo, pero si observamos la llama de un mechero de Bunsen, su llama es azul, indicando que alcanza una temperatura más alta que la llama de la vela. Al quemar un elemento directamente en la llama de Bunsen sus electrones saltan de un nivel de energía determinado a uno más alto emitiendo energía en una longitud de onda determinada, por lo que observamos un color característico y si observamos su espectro veremos su patrón de líneas espectrales. Esta propiedad ha sido utilizada desde la antigüedad de manera empírica en la producción de fuegos artificiales, los chinos, los indios y los egipcios, habían descubierto que al quemar algunas sales metálicas se formaban chispas de colores y fueron desarrollando técnicas para obtener cada vez más colores.

El patrón de líneas espectrales que se observa en los elementos al ser quemados es el mismo patrón que se observa de las estrellas al hacer pasar su luz a través de un espectroscopio. Cada patrón corresponde un elemento de tal manera que al analizar el espectro de las estrellas podremos encontrar su composición.

Para comprender mejor la función de la espectroscopia se recomienda que los participantes fabriquen su propio espectroscopio y observen varios espectros de diferentes fuentes luminosas en este documento se sugiere realizar uno casero de acuerdo al anexo No 1.

Preguntas relacionadas con el uso del espectroscopio

- Observar espectros de bombillos ahorradores de sodio, de mercurio y de haluro y registrar las diferencias entre ellos.
- Quemar algunas sales de sodio, bario, estroncio y otros metales para identificar el color de sus chispas y observar sus espectros.
- Observar el espectro del Sol dirigiendo el espectroscopio hacia el cielo pero no hacia el Sol directamente
- Analizar las razones por las que se forma un espectro y explicar el funcionamiento del espectroscopio.
- Explicar la diferencia entre un espectro continuo, de emisión y de absorción.
- Consultar espectros de estrellas reconocidas y reconocer sus principales elementos en ellas.
- Observe en una región del cielo una constelación que te guste. ¿Qué colores tienen las estrellas más brillantes de la constelación que escogió?
- Con base en esta información ¿cuáles estrellas tienen mayor temperatura superficial?
- Identifique en un cúmulo abierto de estrellas unas 20 y realice un diagrama de magnitud absoluto Vs temperatura, haciendo variar la temperatura de forma descendente de izquierda a derecha. Luego compare su diagrama con un diagrama típico H-R

Las anteriores preguntas permitirán que los participantes relacionen adecuadamente el color con la temperatura, que adquiera claridad sobre el funcionamiento de un espectroscopio, que comprenda a que se refieren las líneas de Fraunhofer y que al observar un diagrama H-R lo pueda analizar de acuerdo a los datos de su espectro y magnitud.

6.2.5 Aspectos históricos de la espectroscopia

Los inicios de la espectroscopia permitieron articular las ciencias para comprender la naturaleza de la luz y la naturaleza de las estrellas, El artículo “De la química a la astrofísica moderna” (Dietrich, 2016) muestra con mucha precisión como se fueron integrando la química y la física en el desarrollo de la espectroscopia que se convertiría en una herramienta básica en el estudio de la astronomía estelar

Desarrollo de la espectroscopia. Tomado y adaptado de “De la química a la astrofísica moderna” (Dietrich, 2016)

Hacia 1818 se conocía el fenómeno de difracción de la luz y se hacían experimentos para demostrarlo, Jose Fraunhofer que había observado las líneas oscuras en el espectro del Sol, se ideó la manera de perfeccionar un equipo que le permitiera obtener la mayor cantidad de líneas de un rayo de luz, primero fabricó rejillas con alambres los cuales fue organizando cada vez mejor y luego utilizó vidrios tallados con diamante y comprobó el comportamiento ondulatorio de la luz, en un momento donde estaba tomando más auge la teoría newtoniana que dice que la luz se comporta como partícula. Fraunhofer logró asignar longitudes de onda a las líneas oscuras observadas en el Sol, con mucha precisión.

45 años después de su muerte, el trabajo de Fraunhofer abrió las puertas a Robert Bunsen y Gustav Kirchhoff para que descubrieran la razón de las líneas de las líneas oscuras en el espectro del Sol. Ellos construyeron un espectroscopio para analizar muestras de sales. Bunsen había observado que al quemar ciertas sales se observaban tonos diferentes, así que trabajo en la posibilidad de análisis químicos con la observación del color de las llamas del compuesto al quemarlo, para realizar este trabajo se inventó el mechero de Bunsen y junto con Kirchhoff construyó un espectroscopio para analizar muestras de sales. Se idearon otros experimentos más ingeniosos todavía descritos en el artículo así: “Uno, consistía en dirigir la luz solar a su espectrómetro de modo que la línea brillante de la llama de sal común coincidiese con la línea oscura D del espectro solar, observaron que la línea brillante se volvió oscura, debido a que las sustancia que emitían una determinada radiación podían también absorberla. Otro experimento consistía, en calentar una pieza de cal y atravesar su luz a una llama de sal común que estaba a una temperatura más baja se producía una línea oscura D del espectro solar, lo cual indicaba dos cosas que en el Sol había Sodio y que debía encontrarse en una capa de la atmosfera más fría que en su núcleo”.

Kirchhoff y Bunsen consiguieron otro espectroscopio más potente y lograron comparar las líneas solares y las de laboratorio para deducir que en el Sol se hallaba hierro, bario, estroncio, magnesio, etc. Dejando su trabajo como evidencia de que el Sol contenía la misma clase de elementos químicos que existían en la Tierra.

Kirchhoff se dio cuenta de que para que se formen líneas oscuras la fuente emisora debe tener una temperatura mayor que la del gas, por lo cual el Sol debía tener un núcleo solido o liquido tan

caliente que rodea una atmosfera de menor temperatura y genera líneas oscuras en su espectro, dejando a un lado la hipótesis que se tenía la cual decía que el Sol constaba de un núcleo oscuro que se veía a través de las manchas solares.

Preguntas relacionadas con la lectura “Desarrollo de la espectroscopia”

- ¿Por qué es importante el trabajo de Fraunhofer en el desarrollo de la espectroscopia?
- ¿En qué sentido hay una conexión entre la química, la física y la astronomía con los trabajos de la espectroscopia estelar?
- ¿Por qué es tan importante el trabajo de Kirchhoff para la astronomía y para la química?
- ¿Cómo influye la tecnología en el desarrollo de la ciencia?
- Después de que se comprobó de que las líneas oscuras de Fraunhofer eran las mismas líneas brillantes que Kirchhoff encontró en elementos en incandescencia los astrónomos hicieron un trabajo de clasificación de estrellas de acuerdo a sus espectros. Teniendo en cuenta las circunstancias tecnológicas de ese momento cómo crees que se realizaba este trabajo.
- ¿Por qué se dice que la espectroscopia contribuyó a visualizar la estructura de una estrella?

La lectura y las preguntas harán que el docente comprenda como se fue desarrollando una tecnología que permitió más adelante el estudio de las estrellas, Fraunhofer era un óptico que inicialmente se dedicaba a perfeccionar estos instrumentos pero su dedicación a su trabajo, hicieron que dejará un legado para otros investigadores como en este caso Kirchhoff que era físico y Bunsen que era químico los cuales descubrieron como analizar las estrellas a partir del espectro de las mismas.

Tabla No 11: Síntesis de secuencia para el uso de instrumentos de observación

Actividad	Contenido	Propósito
Identificando ideas previas sobre objetos nebulosos	algunos objetos nebulosos	Reconocer algunos objetos nebulosos y ver cómo se relacionan con las estrellas
Observación de objetos nebulosos con telescopio	Cúmulos abiertos, cúmulos cerrados y nebulosas planetarias	Reconocer las nebulosas planetarias como un tipo de estrella en su etapa final, observar y reconocer los cúmulos abiertos como “cunas de estrellas” y sus diferencias con los cúmulos globulares.
Discusión en grupos pequeños y conversatorio	Color, temperatura y espectro de un cuerpo luminoso	Identificar que ideas sobre color y temperatura se tiene y asociar el color de un cuerpo luminoso con su temperatura.
Construcción de un espectroscopio	Principio de espectroscopia	Comprender como funciona un espectroscopio y que información nos da al analizar una fuente de luz con él.
Lectura sobre el desarrollo de la espectroscopia	Aspectos históricos sobre la espectroscopia	Contextualizar la espectroscopia dentro del desarrollo científico y tecnológico y realizar un análisis de su contribución a la ciencia.

6.3 COMO EVOLUCIONAN LAS ESTRELLAS

La evolución estelar comprende tres etapas. En la primera etapa una nube de gas y polvo se aglomera hasta que se cumplen las condiciones para que comience a emitir luz que se observa a través del polvo que queda remanente rodeándola. En este punto se tiene una protoestrella y aun no es parte de la secuencia principal. En la segunda etapa la estrella brilla de manera muy uniforme y se encuentra en la secuencia principal. Durante este periodo que es el más largo de la estrella, se genera en ella energía de manera constante a través de la fusión de núcleos de hidrógeno para formar núcleos de helio. Finalmente viene la tercera etapa donde la estrella sale de la secuencia principal y tiene un destino diferente de acuerdo a la cantidad de masa que queda después de la

segunda etapa. Cuando se agota el hidrógeno la estrella empieza a utilizar como combustible el helio que a su vez en algún momento se agota, así que ahora se genera una serie de ciclos, produce un equilibrio entre la fuerza de gravedad que la lleva hacia el centro y la presión debida a la fusión de núcleos que cada vez que se agotan hace que la estrella colapse hasta que por aumento de temperatura debido a su colapso se fusionen nuevos núcleos. Finalmente si tiene suficiente masa formará estrellas de neutrones o agujeros negros.

El docente puede acercar a sus estudiantes a la comprensión del origen de nuestra estrella el Sol y por lo tanto del Sistema Solar al introducir el tema de evolución estelar. Igualmente al profundizar en su estructura y cada etapa de la vida de las estrellas se pueden introducir temas que ayuden a evaluar maneras de utilizar la energía y de producirla a nivel tecnológico.

6.3.1 Explorando sobre explicaciones de los estudiantes

Para identificar las ideas que tienen los participantes sobre la formación de una estrella y su equilibrio se pueden utilizar las siguientes preguntas orientadoras las cuales pueden trabajarse en conversatorio,

Preguntas orientadoras

- ¿Qué pasaría si fuéramos partículas gigantes ocupando la Tierra y ésta se desintegrará sin afectar nuestra integridad? ¿cómo nos moveríamos o cómo nos reacomodaríamos?
- ¿Qué pasaría si todas las partículas de la pregunta anterior quedaran totalmente agrupados y cada vez llegarán más objetos que aplastarán más a unas contra otras?

- ¿Qué pasaría si agrupáramos diferentes cantidades de velas y las prendiéramos todas al mismo tiempo? ¿cuáles grupos se verán más luminosos y cuáles grupos se extinguirán primero?

Las preguntas anteriores permitirán al docente indagar sobre como entienden los participantes el concepto de fuerza gravitatoria y relacionarlo con las condiciones que se presentan para el nacimiento de estrella y después de su nacimiento que puede pasar de acuerdo a su cantidad de masa.

6.3.2 Análisis de un diagrama H-R de un cúmulo abierto

Los diagramas H-R sirven para observar cuanto un grupo de estrellas puede haber evolucionado ya que su distribución cambia de acuerdo a los cambios que tienen la población de sus estrellas, en esta actividad se puede pedir a los participantes que consulten sobre cúmulos abiertos conocidos, como las Pléyades, el Joyero o M67 y que realicen un análisis de sus diagrama H-R. Observando cómo están distribuidas las estrellas de cada cúmulo y por qué hay diferencias en ellos.

Preguntas sobre el análisis de un diagrama H-R de un cúmulo abierto

- Cuál de los cúmulos analizados es más “viejo” y cuál es más “joven”
- ¿Cómo se relaciona el diagrama H-R con la evolución de una estrella como el Sol?
- ¿En qué región del diagrama hay mayor población de estrellas y cuál puede ser la razón para que se presente este fenómeno?

Las preguntas anteriores pretenden direccionar al docente hacia la interpretación de un diagrama H-R, relacionando la masa de las estrellas con su luminosidad y su estado evolutivo con su magnitud y espectro.

6.3.3 Realizando un modelo a escala de una estrella y de sus cambios

La estructura de una estrella tiene un núcleo donde se produce su energía gracias a la fusión nuclear, esta energía comienza a salir de dos maneras, por radiación y por convección. La estrella se conforma de varias capas: un núcleo donde se produce la fusión de hidrógeno, una capa radiactiva, donde se transporta la energía que produce en forma de fotones, luego hay una capa de transporte de energía de forma convectiva y finalmente se encuentra la última capa de la estrella que se llama atmosfera la cual tiene una temperatura más baja.

Cuando la estrella fusiona hidrógeno, se va formando un núcleo de helio que se va expandiendo hacia el exterior, como el hidrógeno se agota el helio se calienta y se fusiona haciendo que las capas externas de la estrella se expandan lentamente al principio pero después cuando el helio y el hidrógeno se agoten se expande rápidamente formando una gigante roja de más de cien veces el radio del Sol y más de mil millones de veces su volumen. (Percy J. , 2015, pág. 13)

Con base en la información anterior y consultas sobre datos de radios, temperaturas, masas, los docentes realizarán dos modelos a escala, uno de la estructura de una estrella y otro de su cambio de tamaño, temperatura y volumen en el paso de ser una estrella de la secuencia principal a una gigante roja.

Preguntas relacionadas con la estructura y evolución de una estrella

- ¿Cómo se forma una estrella?
- ¿Cuál es la relación de las estrellas con la vida?
- ¿Cómo se relacionan los elementos de la tabla periódica con la evolución de las estrellas?

Las preguntas anteriores serán guía para conceptualizar sobre los mecanismos de la estrella para liberar energía, su estructura y al estudiar su evolución, los docentes concluirán sobre su relación con la vida

6.3.4 Comprobando teorías sobre supernovas

La astronomía estelar es una ciencia experimental que requiere de observación constante, análisis, cálculos, modelización a partir de elementos observados y teóricos. En la siguiente lectura se observa cómo se corroboran modelos teóricos a partir de la detallada observación y registros de un objeto en el cielo

Lectura: Comprobando teorías sobre supernovas. Tomado y adaptado de “El valor de la SN 1987” (De Vorkin, Dwek, & Kaler, 1994, págs. 86-88)

Ian Shelton el 24 de febrero de 1987, en Las campanas al norte de Chile, después de sentirse decepcionado por el mal tiempo no le permitía obtener una buena toma fotográfica, observó que, su fotografía tenía una mancha brillante junto a la nebulosa de la Tarántula. Shelton en un principio pensó que se había dañado su trabajo, pero constató que a simple vista podía observar una supernova muy brillante, hubo varios observadores astronómicos que la vieron, pero se le asigna a Shelton, Duhalde y Jones su descubrimiento, por ser los primeros en reportarla, se trata de la

supernova SN 1987, una supernova que se formó en la galaxia de Magallanes. (De Vorkin, Dwek, & Kaler, 1994, págs. 72-73)

Varios científicos aseguraban que dentro de las estrellas debían formarse los elementos más pesados que el helio por reacciones que llamaron nucleosíntesis, la SN1987 era la oportunidad para comprobar esta teoría, en esta supernova se encontraron varias anomalías:

1. La estrella responsable de tan repentino cambio era Sanduleak, una estrella de veinte masas solares y azul intenso, cuando se creía que las que se convertían en supernovas eran las gigantes rojas
2. La radiación no se ajustaba a los tipos de novas observados
3. La estrella se hizo más fría durante los últimos 7 días antes de llegar a su brillo máximo. El cual bajo en poco tiempo.
4. La nueva supernova alcanzo su máximo hasta ochenta y cinco días después de enfriarse mientras que las novas conocidas alcanzaban su brillo máximo al poco tiempo de explotar.

Los astrónomos concluyeron que las supergigantes azules se convertían en supernovas. Las estrellas supergigantes azules son más densas que las supergigantes rojas, haciendo más difícil la salida de la energía liberada hacia el exterior: “Mucha de la energía que se dispersó en el espacio se habría empleado en la demolición principal, la salida de la energía en este tipo de supernova era entonces más lenta. Seis meses después de la primera explosión se había realizado un registro de emisiones de materia desde la estrella Sanduleak y se pensó que era materia liberada de la estrella hacia 20.000 años antes”, adicionalmente “el Solar Max registró en diciembre de 1987 rayos gamma procedentes de la gran Nube de Magallanes confirmando el proceso de nucleosíntesis”,

este proceso según los teóricos, Holey, Fowler y los Burbidge predecían que al estallar la supernova se crearía una gran radiación.

Los astrónomos también habían predicho la generación de neutrinos, los cuales escaparían rápidamente al momento de una explosión de supernova, estas partículas son difíciles de detectar porque prácticamente no tienen masa y viajan a la velocidad de la luz. “Dos detectores, Kamokande-II instalado en una mina en Japón e IMB, cerca del lago Eire en Ohio recibieron señales el 23 de febrero, unas pocas horas antes de observarse la supernova. En Kamokande-II once neutrinos llegaron en 12,5 segundos y 8 en 5,5 segundos llegaron al IMB”. Otro punto fascinante para los astrónomos fue descubrir que la energía expulsada en segundo durante la explosión de la supernova era 100 veces la que emitiría el Sol en 10.000 millones de años.

Preguntas sobre la lectura “El valor de la SN1987”

- ¿Qué elementos se conjugaron para comprobar que en las estrellas se realiza la nucleosíntesis de elementos?
- ¿Qué relevancia tuvieron la observación y los registros al momento de corroborar hipótesis relacionadas con el comportamiento de las estrellas?
- ¿Por qué es importante que la teoría sea contrastada con la observación en ciencias?

Las preguntas anteriores permitirán que los docentes analicen las circunstancias que se presentaron al momento de observar un objeto tan importante como una supernova y como utilizaron toda la tecnología hasta el momento desarrollada para comprobar los modelos teóricos sobre la evolución de las estrellas más masivas.

Tabla No 12: Síntesis de secuencia de actividades para conceptualizar la evolución estelar

Actividad	Contenido	Propósito
Preguntas orientadoras sobre gravedad	Interacción de la materia bajo la influencia de la fuerza de gravedad	Contextualizar el escenario de la materia contrayéndose gracias únicamente a la fuerza de gravedad.
Análisis de un diagrama H-R	Consultar sobre algunos diagrama H-R de cúmulos abiertos y analizarlos	Con base en los diagramas H-R comparar cuales son más jóvenes o viejos con relación a los demás y observar cómo se relaciona el estado evolutivo de la estrella con su ubicación en el diagrama
Modelos a escala de la estructura de una estrella y sus cambios de estrella de la Secuencia Principal a gigante roja	Modelo de una estrella Evolución de una estrella desde su nacimientos hasta gigante roja	Visualizar los cambios de una estrella desde su nacimiento hasta gigante roja de acuerdo a los modelos establecidos
Lectura: Comprobando teorías sobre supernovas	Supernova NS1987	Comprender como a partir de la observación y registro minucioso de fenómenos estelares se pueden comprobar las teorías sobre ellas, en este caso se comprobó la nucleosíntesis en las estrellas.

CONCLUSIONES

Los aspectos de la evolución estelar que se asocian a la vida cotidiana del docente son: Observación e identificación de objetos en el cielo, análisis del comportamiento del Sol y sus consecuencias en la vida en la Tierra e indagación sobre preguntas relacionadas, como por ejemplo, la posibilidad de vida en otros sistemas planetarios. La astronomía estelar aporta al docente de ciencias elementos que le permiten abordar estos temas y articular otros como, el comportamiento de los gases, cálculos trigonométricos, aspectos mitológicos, entre otros, por lo tanto, de ser tomado en cuenta en su formación, la astronomía estelar, le abrirá su panorama en la enseñanza de las ciencias a sus estudiantes.

Los docentes en formación en ciencias han tenido un contacto muy limitado con instrumentos de astronomía como el telescopio y la información que han recibido con relación a la astronomía estelar es muy poca, no solo porque no se aborda el tema en sus clases sino porque los libros que consultan durante su carrera tampoco profundizan en él. En esta propuesta se puede observar que no es necesario un laboratorio especializado para la enseñanza de la astronomía estelar, ya que existen varias alternativas sencillas para la realización de actividades de aprendizaje como las siguientes:

1. La observación a simple vista del cielo permite familiarizarse con el paisaje celeste de manera inmediata, percibir el movimiento de la Tierra respecto al Sol, reconocer las constelaciones que nuestros antepasados se imaginaron, observar cúmulos donde nacen estrellas y sus diferentes colores.

2. Los programas de observación que entregan información sobre sus distancias, clasificación y características particulares, como su color y temperatura, de tal manera que se pueden relacionar sus diferentes parámetros para su clasificación y comprensión de su evolución.
3. La información que encontramos en la literatura de divulgación tanto impresa como en la red de internet permite profundizar en la comprensión de estos astros.

Al escoger los aspectos de la astronomía estelar para la formación del docente de ciencias, se debe tener en cuenta que un docente debe, en lo posible, poner en práctica lo enseñado evitando realizar mucha ecuación que de pronto no va a significar nada para el estudiante.

Para contextualizar a los jóvenes en la posición de las estrellas, es importante trabajar la orientación en el cielo, las coordenadas que se utilizaran en dicha orientación, las constelaciones y las líneas más importantes : la eclíptica y el ecuador celestes.

Al realizar un cuestionario a docentes en formación de ciencias naturales sobre astronomía estelar se encontró que los jóvenes no se sienten seguros sobre el tema, pues durante su carrera universitaria no se han tratado estos aspectos, de allí una razón para que este tema sea parte de la formación de los docentes. Hoy en día los jóvenes de alguna manera están conectados con lo que la ciencia descubre en torno a la astronomía, pues son varios los medios que de una u otra forma publican los adelantos que se generan en esta ciencia, así, que todo maestro se encontrará con preguntas de parte de sus estudiantes relacionadas con estos temas, por lo tanto es importante que estén preparados para no solo contestar inquietudes, sino para motivarlos hacia un aprendizaje relacionado con el universo como tal.

Los aspectos para trabajar en esta propuesta son: orientación y reconocimiento del cielo estelar, utilización de telescopio para identificar objetos nebulosos y relacionarlos con la vida de las estrellas, uso del espectroscopio para comprender la importancia de esta herramienta en la astronomía estelar, comprensión del diagrama H-R para relacionar la posición de las estrellas en él con su momento evolutivo y finalmente conceptualizar sobre el equilibrio que se presenta en las estrellas y sus cambios hasta gigante roja. La evolución de las estrellas muy masivas y generación de estrellas de neutrones y agujeros negros no son consideradas en esta propuesta pues debe ser objeto de una segunda parte para que no se extienda más del tiempo límite que da un semestre.

Finalmente, considero que promover la astronomía en los docentes puede significar impulsar la astronomía en nuestro país, pues si bien es cierto que existen algunos astrónomos destacados trabajando inclusive a nivel internacional como Adriana Ocampo Uría (NASA), Mario Pérez (NASA), Sergio Torres y otros más, la transformación de la astronomía avanza muy despacio aquí en Colombia con relación a otros países, en parte porque son muy pocas las universidades que se han preocupado por introducir esta ciencia en sus programas y en la escuela no se aborda con mucha intensidad.

REFERENTE BIBLIOGRÁFICO

- Bueche, F. (1984). *Fundamentos de Física*. México: McGraw-Hill.
- Camino, N. (1995). Ideas previas y cambio conceptual en astronomía. Un estudio con maestros de primaria sobre el día y la noche, las estaciones y las fases de luna. *Enseñanza de las ciencias*, 81-95.
- Camino, N. (1999). Sobre la didáctica de la astronomía. En M. Kaufman, & L. Fumagalli, *Enseñar ciencias naturales. reflexiones y propuestas didácticas* (pág. 143). Buenos Aires: Paidós.
- Camino, N. (2011). *La didáctica de la astronomía como campo de investigación e innovación educativas*. Rio de Janeiro: I simpósio Nacional de Educacao em Astronomia.
- Camino, N. (2011). Sobre la didáctica de la astronomía y su inserción en EGB. Dpto de Física - Fa. de Ingeniería - Univ. Nacional de la Patagonia.
- De Saint-Exuéry, A. (1943). *El principito*. París: Reynal & Hitchcock.
- De Vorkin, D., Dwek, E., & Kaler, J. (1994). *Estrellas* (Vol. 5 y 6). Barcelona: Folio S.A.
- Dietrich, L. (Febrero de 2016). De la química a la astrofísica moderna. *Investigación y ciencia*(473), 68-75.
- Ferris, T. (1988). La evolución de los átomos y de las estrellas. En T. Ferris, *La aventura del universo* (pág. 206). Nueva York: William Morrow and company.
- Fisicoquímica*. (23 de Septiembre de 2015). Recuperado el 23 de Febrero de 2017, de [www.quimicafisica.com: http://www.quimicafisica.com/radiacion-cuerpo-negro-hipotesis-planck.html](http://www.quimicafisica.com/radiacion-cuerpo-negro-hipotesis-planck.html)
- Gangui, A. (2006). Los científicos y la alfabetización en astronomía. *Anales AFA*, 24-27.
- García, E. G. (2001). Radiotelescopios escolares. *Astrolabio*, 54-56.
- Girola, R. S., Santos, M. S., & Cabezas O, D. A. (2011). *Cuando la astronomía integra los conceptos de biología y química: Un juego constructivo de cooperación, comunicación e interacción*. Rio de Janeiro: I Simpósio Nacional de Educação em Astronomia..
- Kaufman, M., & Fumagalli, L. (1999). *Enseñar ciencias naturales. Reflexiones y propuestas didácticas*. Buenos Aires: Paidós.
- Langui, R., & Nardi, R. (2012). *Educacao em astronomia. Repensando a formacao de professores*. Sao Paulo: Escrituras.
- L'e Turner, G. (1998). *Scientific instruments 1500-1900*. California: University of California Press.
- Leitner, J. (1981). *The life and work of Joseph Fraunhofer (1787-1826)*. New York: Department of physics Rensselaer Polytechnic Institute Troy.
- Levy, D. H. (1998). *Observar el cielo*. Barcelona, España: Geoplaneta.
- Moreno, F., & Garcia, E. (2000). Los ciclos del sol. *Astrolabio*, 66-68.
- North, J. D. (1994). *Historia Fontana de la Astronomía y la Cosmología*. México: Fondo de cultura económica.
- Sepúlveda Soto, A. (2013). *Bases de Astrofísica*. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2009). *Física para ciencias e ingeniería con física moderna*. México: Cengage learning.
- Stephen, T. (2002). *Practical amateur spectroscopy*. Singapur: Springer.
- Tipler, P. A., & Mosca, G. (2011). *Física para la ciencia y la tecnología*. Barcelona: Reverté.

REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

- Astro 76.* (s.f.). Recuperado el 29 de mayo de 2015, de <https://sites.google.com/site/astronomia76/taller/espectroscopio>
- Astronomía práctica y experimental.* (s.f.). Recuperado el 27 de Noviembre de 2016, de <http://www.astropractica.org/tem2/ajucrom/espectroestrellas.jpg>
- Bela. (6 de Noviembre de 2007). *Iniciación a la astronomía*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2016, de <http://astronomiainiciacion.blogspot.com.co/2007/11/la-esfera-celeste.html>
- Blog.* (11 de Junio de 2011). Recuperado el 29 de Noviembre de 2016, de Espacio 486: <http://espacio846.blogspot.com.co/2011/06/lira.html>
- Blog.* (10 de Marzo de 2014). Recuperado el 29 de Noviembre de 2016, de Los mundos de Brana: <https://losmundosdebrana.wordpress.com/2014/03/10/radiacion-de-cuerpo-negro-y-catastrofe-ultravioleta/>
- Cosmología.* (s.f.). Recuperado el 30 de Noviembre de 2016, de http://astronomia.net/cosmologia/stellar_a.htm
- Desconocido. (s.f.). *Página web*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2016, de El cielo del mes: http://www.elcielodelmes.com/Curso_iniciacion/curso_1.php
- Dewey, J. (1916). Experiencia y pensamiento. En J. Dewey, *Educación y democracia* (L. Luzuriaga, Trad., pág. 2). Buenos Aires: Lozada. Obtenido de <http://www.gim.edu.co/pedagogialibertaria/images/textosclasicos/dewey-experienciaypensamiento-capxi.pdf>
- Enciclopedia Británica. (1899). Recuperado el 20 de Noviembre de 2016, de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Enciclopedia_Brit%C3%A1nica#/media/File:EB1711_Armillary_Sphere.png
- Encrypted-tbn2.gstatic.com.* (s.f.). Recuperado el 16 de Noviembre de 2016, de https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQWUVEuykt8boY4KsrtN2LEQ0BWc6PCccwK8LrSoBmKVWLo_6KLBw
- ESO/G. Beccari. (21 de Mayo de 2014). Recuperado el 17 de Diciembre de 2015, de European Southern Observatory: <https://www.eso.org/public/images/eso1416a/>
- Fisicoquímica.* (23 de Septiembre de 2015). Recuperado el 23 de Febrero de 2017, de [www.quimicafisica.com: http://www.quimicafisica.com/radiacion-cuerpo-negro-hipotesis-planck.html](http://www.quimicafisica.com/radiacion-cuerpo-negro-hipotesis-planck.html)
- FOED.* (s.f.). (F. O. Duran, Productor) Recuperado el 16 de Noviembre de 2016, de <http://astrogea.org/coordenada/ficha4.htm>
- Franquini, G. (7 de Agosto de 2012). *Física y Astronomía*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2016, de Blog: <http://giovifranquini.blogspot.com.co/2012/08/esfera-celeste-y-sistemas-de-coordenadas.html>
- Gangui, A. (Diciembre-Enero de 2012). La esfera armilar. *Ciencia en el aula*, 22(130), 38-41. Recuperado el 20 de Noviembre de 2016, de <http://www.cienciahoy.org.ar/ch/hoy130/cienciaenelaula.pdf>
- Gimnasio campestre.* (2016). Recuperado el 5 de Marzo de 2016, de Sitio web del Gimnasio campestre: <http://www.campestre.edu.co/centros-de-estudios>
- González Tortosa, J. (11 de Septiembre de 2007). *Manual de enduro*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2016, de <http://manual.endureros.com/enduro/manualEnduro.pdf>

- Hernández, C. A. (11 de Octubre de 2005). Recuperado el 3 de Marzo de 2015, de http://hermesoft.esap.edu.co/esap/hermesoft/portal/home_1/rec/arc_10184.pdf:
- Hubble Heritage Team,NASA. (8 de Noviembre de 2002). *Página web*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2016, de Observatorio.Info: <http://observatorio.info/2002/11/ngc-6369-la-nebulosa-del-pequeno-fantasma/>
- Infobservador*. (17 de Noviembre de 2010). Recuperado el 29 de Noviembre de 2016, de <http://www.infobservador.com/2010/11/como-elegir-un-telescopio/>
- Joaquin Polleri & Ezequiel Etcheverry. (1 de Mayo de 2013). *Página web*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2016, de Observatorio.info: <http://observatorio.info/2013/05/el-cumulo-globular-mas-grande-conocido-omega-centauri/>
- Manchado, Victor. (20 de Julio de 2012). *Blog*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2016, de Pirulo Cósmico: <http://www.elsecretocanario.com/blog/contenido/las-constelaciones-del-zodiaco>
- Matematicas1univia el 27 de marzo de 2012 en Bloque 8. (27 de Marzo de 2012). *Mediación docente*. UNIVIA, *Bachillerato*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2016, de <https://matematicas1univia.wordpress.com/2012/03/27/planos-tridimensionales/>
- Ministerio de educación, cultura y deporte; Instituto nacional de evaluación educativa. (2013). *Marcos y pruebas de evaluación de PISA 2012, matemáticas, lectura y ciencias*. Madrid: Secretaría General técnica. Recuperado el 3 de Mayo de 2015, de <http://www.mecd.gob.es/dctm/inee/internacional/pisa2012/marcopisa2012.pdf?documentId=0901e72b8177328d>
- Página web*. (s.f.). Recuperado el 29 de Noviembre de 2016, de Wikipedia: https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Hertzsprung-Russell
- Página web*. (s.f.). Recuperado el 2016, de Achernar difusión de la astronomía: <http://achernarastronomia.blogspot.com.co/2012/03/como-elegir-un-telescopio.html>
- Página web*. (s.f.). Recuperado el 29 de Noviembre de 2016, de Astrobiología: http://www.dmae.upm.es/Astrobiologia/Curso_online_UPC/capitulo4/3.html
- Pena Puppo, I. (Noviembre de 2011). *monografias.com*. Recuperado el 14 de Febrero de 2017, de <http://www.monografias.com/trabajos94/navegacion-astronomica/navegacion-astronomica.shtml>
- Percy, J. (2015). Evolución de las estrellas. Red para la educación astronómica en la escuela, NASE & Unión Astronómica Internacional, UAI. *14 pasos hacia el universo, curso de astronomía para profesores y posgraduados de ciencias* Rosa M. Ros y Beatriz García (Ed) (Segunda ed.). UE. Recuperado el 18 de Noviembre de 2016, de http://sac.csic.es/astrosecundaria/es/cursos/formato/materiales/libro/libro_14_pasos_final.pdf
- Percy, J. R. (2006). *Teaching Astronomy: Why and How? - JAAVSO PART 5, VOLUMEN 35*. Recuperado el 11 de Abril de 2015, de <http://www.aavso.org>: <http://www.aavso.org/files/webpublications/ejaavso/v35n1/248.pdf>
- Scassa, A. M., & Paz, V. C. (2 de Abril de 2014). *Iberoamericadivulga*. Recuperado el 3 de Mayo de 2015, de <http://www.oei.es/divulgacioncientifica/?La-ensenanza-de-la-astronomia-un>
- Vásquez P, J. (2012). *Educa-ciencia.es*. Recuperado el 12 de Marzo de 2017, de Educa-ciencia. web site: <http://educa-ciencia.com/astrobiologia-orientacion.htm>
- Vivelanaturaleza*. (s.f.). Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de Vivelanaturaleza.com: <http://www.vivelanaturaleza.com/Supervivencia/orientarse.php>

Wikipedia. (6 de Febrero de 2009). Recuperado el 14 de Diciembre de 2016, de Wikipedia:

https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Objetos_Messier

Wikipedia. (29 de Noviembre de 2016). Obtenido de Wikipedia:

https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Hertzsprung-Russell

Wikipedia. (24 de Septiembre de 2016). Recuperado el 2 de Noviembre de 2016, de Wikipedia:

<https://es.wikipedia.org/wiki/Stellarium>

Wikipedia. (11 de Abril de 2016). Recuperado el 30 de 11 de 2016, de

<https://es.wikipedia.org/wiki/Nova>

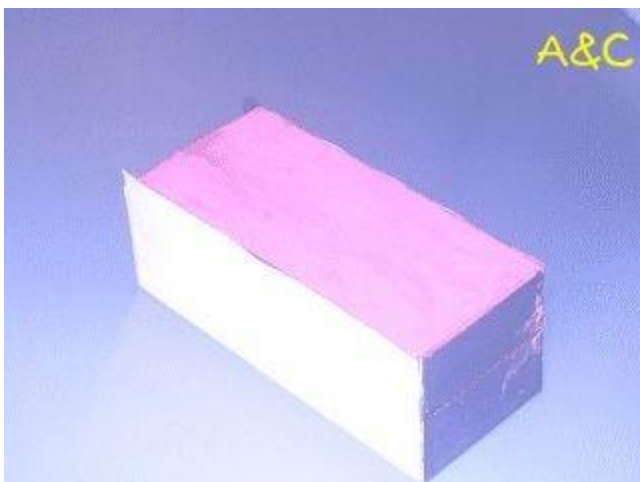
Google.com.co. (s.f.). Recuperado el 17 de Noviembre de 2016, de

<http://veilnebula.jorgejohnson.xyz/uploads/3/5/8/7/3587678/carta-celeste-norte-white.jpg>

ANEXO

TALLER DE ASTRONOMÍA

ACTIVIDAD: Analiza la luz con tu espectroscopio casero. (Taller de astronomia, s.f.)



En esta actividad explico cómo puedes construir un instrumento sencillo que te permitirá descomponer la luz y estudiarla, además incluyo una explicación acerca de lo que verás a través de él.

(Para ilustrar esta actividad he puesto bastantes fotografías por lo que seguramente esta página puede tardar algo en cargarse. Si quieres puedes ir leyendo el texto mientras se van cargando. He intentado que las fotos ocupen lo menos posible con la menor pérdida de información posible, pero aun así puede que tarde algo).



Si haces reflejar la luz del Sol sobre un CD, verás el espectro "desenfocado" del Sol.

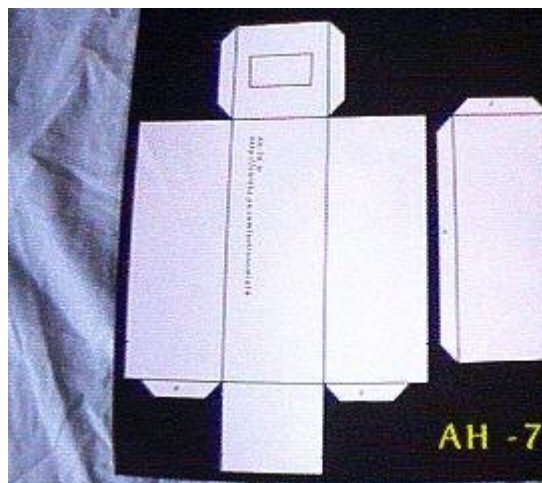
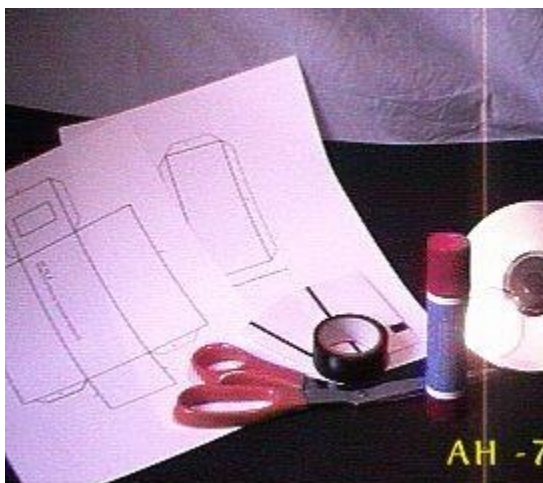
Seguramente más de una vez te habrás quedado maravillado por los vivos colores que muestra un CD al reflejar la luz, pero quizás no te hayas percatado de que la luz que refleja es diferente según se trate de la luz de una pared iluminada por el Sol, la bombilla incandescente de la lámpara o el fluorescente de la oficina o la cocina. En esta actividad utilizaremos esa propiedad para analizar la luz.

ATENCIÓN: Este experimento requiere la presencia y la participación de un adulto.

Para esta actividad necesitarás:

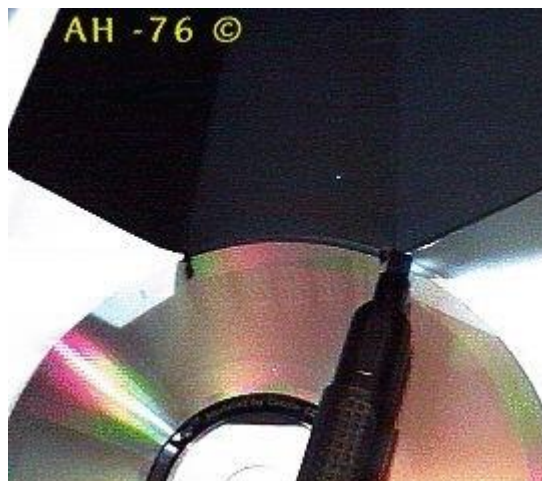
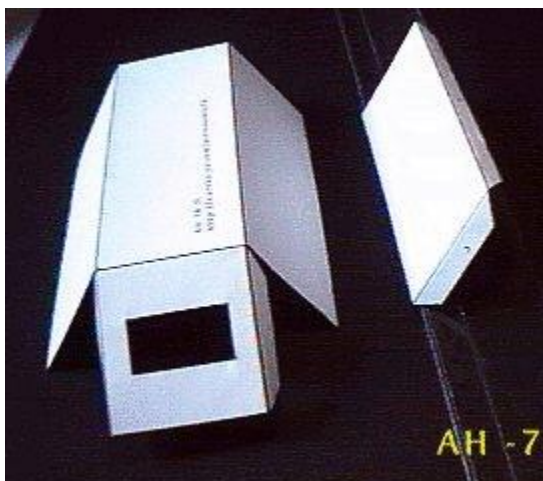
- Un CD (puedes usar cualquier CD que no necesites).
- Dos hojas de papel (DIN-A4) con la maqueta del espectroscopio. (Encontrarás más información abajo.)
- Una cartulina negra.
- Unas tijeras.
- Pegamento.
- Una regla.
- Un rotulador.
- Dos billetes del tren o del metro, o alguna tarjeta con filos rectos y sin rugosidades (lo ideal sería dos cuchillas, pero más vale prevenir...).
- Celo o cinta aislante.

Antes de empezar bájate el esquema del espectroscopio que encontrarás al final de esta página



1. Algunos de los materiales que necesitaremos para esta actividad.

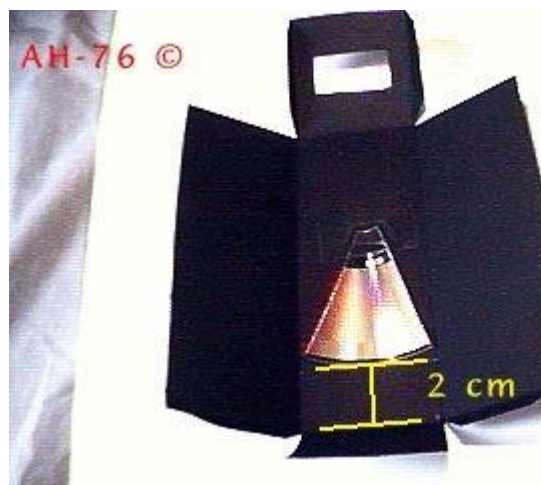
2. Recorta los esquemas, ponles pegamento, pégalos en la cartulina y córtalos.



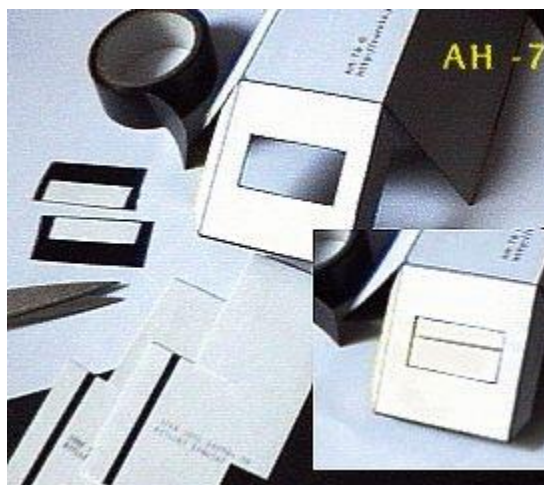
3. Con la ayuda de una regla, haz los pliegues tal como se ve en la foto. Recorta el cuadrado que aparece en una de las caras.



4. Haz marcas en el CD señalando el grosor de una de las caras.



5. Con mucho cuidado para que el CD no se quiebre, córtalo poco a poco, desde esas dos marcas hasta el centro del CD, como si se tratase de una porción de queso.



6. Sitúa la porción de CD dentro de la caja, tal como muestra la fotografía. Procura dejar unos 2cm respecto a la parte posterior de la caja. Fíjalo con celo o con pegamento.

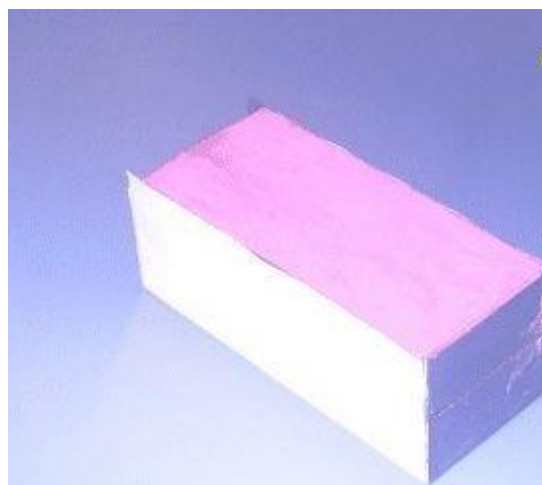
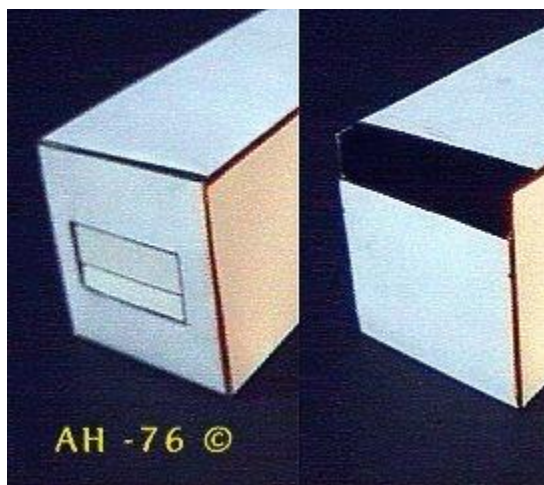


7. Llegó el momento de hacer la rejilla. Corta dos trozos pequeños de la tarjeta del tren (o cualquier tarjeta con bordes muy lisos y sin rugosidades) y pégalos sobre cinta aislante o celo de tal forma que sobresalgan ligeramente. Luego sitúalos por detrás del cuadrado que antes cortaste, de tal forma que la separación entre ellos sea

8. Une los dos cartones. Pon pegamento a la lengüeta y une ambas partes, procurando que queden perfectamente alineadas (para asegurar esa unión puedes poner celo o cinta aislante). Verás que la longitud de esa pieza es más corta que el resto del esquema, y que en una parte no tiene lengüeta, esa parte corresponde a la parte posterior del espectroscopio, desde donde observaremos el espectro. La parte que tiene la lengüeta irá unida a la

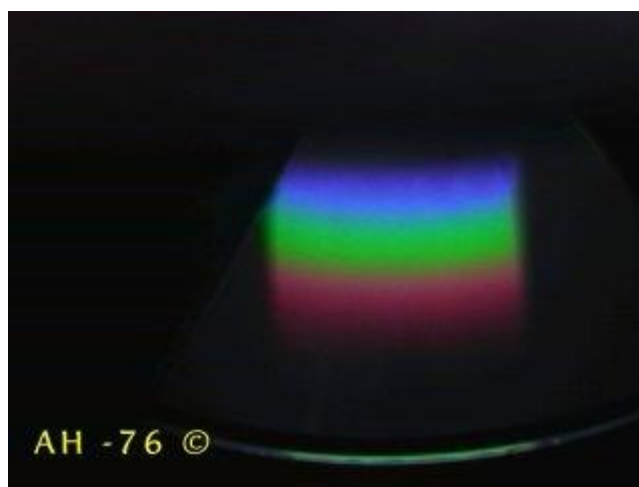
inferior a un milímetro. Procura que estén en posición horizontal y paralelos entre sí.

cara en la que se encuentra la rejilla, tal como se muestra en la fotografía.



9. Pegamos todas las lengüetas a las caras y el resultado tiene que ser parecido al que muestra la foto. Comprueba que no entre luz dentro de la caja excepto a través de la rejilla y la abertura posterior. Si entrase, prueba a tapar esos agujeros con cinta aislante negra.

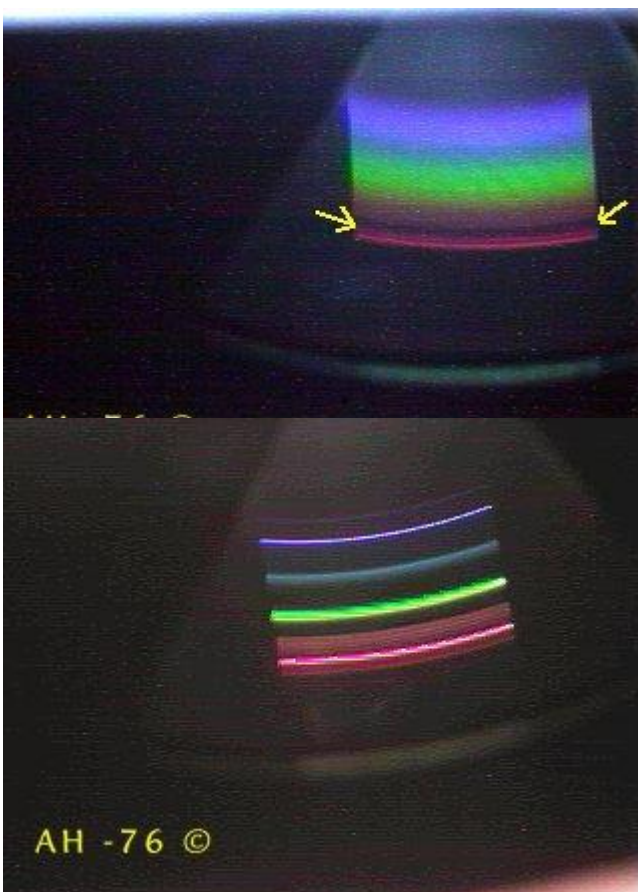
10. Si tenemos dotes artísticas podemos pintarlo como queramos. En la foto aparece el espectroscopio pintado por Ana y Clara, dos jóvenes pintoras que se han puesto manos a la obra. Gracias por la foto ;)



11. Ahora llega el momento de mirar a través de él. Dirígelo hacia alguna fuente luminosa y mira la descomposición de la luz sobre el CD.

ATENCIÓN: Jamás observes el reflejo de la luz del Sol con el espectroscopio, podría dañarse irremediabilmente tu retina. Es mejor mirar una hoja en blanco iluminada por su luz.

Dirige tu espectroscopio hacia una bombilla incandescente (las que tienen el filamento que se ilumina) o sobre el reflejo sobre hojas blancas. Podrás ver, en el reflejo de la luz sobre el CD, todo el espectro luminoso, tal como muestra la fotografía del punto número 11.



Observa la pantalla de tu ordenador, o el televisor. Acércalo al máximo a la pantalla y mira hacia alguna zona blanca, a poder ser en una habitación a oscuras ya que su intensidad es muy débil. Verás que puedes ver todo el espectro de luz, pero verás que aparecen unas franjas oscuras hacia el color rojo.

ANOTACIÓN: Esta actividad se escribió cuando prácticamente todos los monitores y televisores eran de tubo catódico. Si observas otro tipo de pantalla no verás lo mismo.

Por último, dirige tu espectroscopio hacia un tubo fluorescente. Verás que puedes ver un arco iris incompleto. Sólo verás algunas líneas brillantes, de forma parecida a como aparecen en la fotografía, pero, ¿qué significa todo esto? Espero que las explicaciones que te daré a continuación puedan ayudarte a resolver estas dudas.



La barra de la figura corresponde a una fotografía real del espectro solar en la que se ven multitud de líneas finas correspondiente a las bandas de absorción de los elementos químicos. Hay que tener en cuenta que un elemento químico determinado crea muchas bandas, no sólo una: es como si cada una de esas líneas (saltos de órbitas de diferentes electrones del átomo) que caracterizan a un elemento determinado fueran un número en su documento de identidad.

La gran ventaja de este método es que podemos utilizar los distintos elementos químicos, calentarlos en un laboratorio y analizar la luz que emiten. Luego, con todos esos datos, hacer un ATLAS DE ESPECTROS que nos servirán para poder compararlos con la luz que decidamos analizar

y finalmente que se promueva la astronomía como ciencia en Colombia, pues a pesar de que existen algunos astrónomos destacados trabajando inclusive a nivel internacional como Adriana Ocampo Uría (NASA), Mario Pérez (NASA), Sergio Torres y otros más, la transformación de la astronomía avanza muy despacio aquí en Colombia con relación a otros países, en parte porque son muy pocas las universidades que se han preocupado por introducir esta ciencia en sus programas y en la escuela no se aborda con mucha intensidad.