

LA EVOLUCION ESTELAR: UNA PROPUESTA CON EL PROYECTO DE ASTRONOMÍA EN LA EPE

AUTORA:
DANNA VALENTINA ANZOLA TRIVIÑO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE
LICENCIADA EN FÍSICA

ASESOR: VICTOR ANDRÉS HEREDIA HEREDIA

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA EXPERIMENTAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
LICENCIATURA EN FÍSICA

LINEA DE PROFUNDIZACIÓN:
LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA DESDE UNA PERSPECTIVA CULTURAL

BOGOTÁ, COLOMBIA

2021

AGRADECIMIENTOS

Agradezco principalmente a mis padres por su amor, sus enseñanzas y apoyo incondicional. A mi hermano por acompañarme en cada paso y estar siempre dispuesto a ayudar.

A la Universidad Pedagógica Nacional, mi alma mater, que me vio crecer y me enseñó que la educación es un medio para transformar.

Y a mí, por la paciencia y dedicación.

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2 OBJETIVOS.....	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos:	5
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	6
1.4 ANTECEDENTES	7
2. UNA MIRADA AL FIRMAMENTO.....	9
2.1 La clasificación estelar	9
2.2 Evolución Estelar	14
3. DISECCIONANDO EL SOL.....	18
3.1 Las estrellas y su espectro	19
3.2 EL destino de nuestro Sol	22
4. METODOLOGIA DE TRABAJO	27
4.1 Las Actividades Totalidad Abiertas (ATA)	27
4.2 ACTIVIDADES	30
Actividad de Inicio	30
El interior de una estrella	31
Crea tu propia estrella	32
Ubicación de <i>mi estrella</i> en el diagrama H-R	33
5. DISCUSIONES FINALES.....	34
CONCLUSIONES	35
BIBLIOGRAFÍA	38
ANEXOS	40
ANEXO 1	40
ACTIVIDAD 2 “EL INTERIOR DE UNA ESTRELLA”	40
ANEXO 2	42
ACTIVIDAD 3 “CREA TU PROPIA ESTRELLA”	42

INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad muchas civilizaciones se han cuestionado a lo largo de sus vidas por el cosmos y los cuerpos celestes más allá de lo que se puede ver a simple vista, el ser humano ha progresado en sus descubrimientos desde dar cuenta de la existencia de planetas hasta diseñar gigantes telescopios. Sin embargo, la astronomía ha sido uno de los temas menos estudiados en los colegios e instituciones educativas.

Actualmente existen varios semilleros o proyectos donde estudiantes interesados buscan resolver sus preguntas frente al universo en el que vivimos. Es importante reconocer que en estos espacios la enseñanza de la astronomía usualmente se evidencia de forma superficial centrándose en los movimientos del planeta Tierra o la configuración del sistema solar.

En el presente trabajo de investigación se pretende ampliar esa visión partiendo del astro más cercano que tenemos; el estudio a nuestro Sol da herramientas para identificar cómo son las estrellas en el universo, de que se componen y dar cuenta de los elementos importantes que hacen posible la vida en nuestro planeta. La evolución estelar partiendo de la evolución del Sol permite caracterizar nuestra estrella y comprender los ciclos de vida de cada una según su tamaño, temperatura y densidad.

Durante el desarrollo del marco teórico se hacen explícitas muchas de las caracterizaciones de las estrellas y cómo los científicos a lo largo de la historia han mejorado sus métodos de observación y organización de datos, posteriormente se realiza a manera detallada una

“disección” a nuestro Sol donde se estudian sus características comparándolas con las demás estrellas para así, dar una predicción de su destino. En este orden de ideas, se resaltan las fases principales de su ciclo de vida especificando los cambios notorios en cada una.

Si bien, la evolución estelar comprende muchos temas no solo de física sino de química, este trabajo tiene como fin crear una propuesta de implementación en el aula dirigida al proyecto de astronomía de la Escuela Pedagógica Experimental donde esta se diseñará en afinidad con la metodología usada por la institución. Es importante reconocer el contexto de la escuela y para ello, se realiza una búsqueda de dicha estrategia didáctica y de algunos elementos útiles dentro del diseño de actividades del trabajo las cuales se espera que permitan un mayor acercamiento de los estudiantes a temas de astronomía, física y ciencia.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La astronomía es una de las áreas de las ciencias más antiguas que se han analizado a lo largo de la historia y es una de las que más interés genera en las personas, especialmente en los niños y jóvenes, sin embargo, como lo dice Tarquino en su trabajo (2016) *“La enseñanza de la Astronomía en Colombia no está contemplada en los planes de estudio de la educación básica y media como una asignatura, se abordan algunos temas en las áreas de sociales y de ciencias naturales.”* (pág. 7). Así, esta se ha abordado muy poco en el aula de clases en el área de ciencias.

Según los estándares del Ministerio de Educación Nacional, temas de astronomía como el movimiento de la Tierra, el Sol y las estrellas, son incluidos en la sección de “entorno físico” de las ciencias naturales y allí se da cuenta de las interacciones entre los organismos con su entorno y la transformación de la materia. Al abordar estos temas no solo se puede desarrollar un pensamiento científico en los estudiantes, sino que este interés generado puede impulsarlos a acercarse más a la ciencia y al estudio sobre la misma.

La Escuela Pedagógica Experimental a partir de ahora (EPE) es un escenario educativo no convencional, donde a diferencia de las instituciones tradicionales se trabaja desde las inquietudes de los estudiantes utilizando como metodología los proyectos de aula como la ATA (Actividades Totalidad Abiertas). En esta se le da prioridad al trabajo colectivo que se realiza en el aula entre los estudiantes y el profesor desde las problemáticas que direccionan la clase y allí, la vivencia termina siendo mucho más significativa en los niños que las conferencias o clases magistrales.

Es así, que en la EPE se crearon varios proyectos heterogéneos impulsados por el interés de sus estudiantes, uno de estos, es el de astronomía, donde se puede evidenciar el gusto que se tiene frente a descubrimientos del universo y los cuerpos celestes; ahora bien, a pesar de tener estos espacios, la enseñanza de la astronomía tiende a ser un poco tediosa ya que las respuestas a muchas preguntas sobre esta, vienen dadas por conceptos técnicos y se suelen abordar los temas de forma muy superficial.

Sin embargo, si estos son abordados con profundidad como explicaciones desde la física moderna, se puede llegar a confundir a los estudiantes. Cuando se hace una aproximación de la astronomía en el aula se deben tener en cuenta los conceptos previos que se tienen de tal forma que permita dar paso a una explicación acertada sobre los temas a tratar.

Con esto, se pretende dar una vista diferente de la astronomía dónde se aborden temas más allá del sistema solar que no se suelen incluir al enseñarla, por ejemplo, los estudios realizados entorno a la evolución estelar, a fenómenos como las supernovas, agujeros negros, y a la caracterización de las estrellas como los procesos de combustión y la fusión nuclear en su interior, que son responsables de qué tanta energía y luz irradia. Asimismo, temas de física moderna tales como la espectroscopia, posibilita la clasificación de las estrellas mediante el análisis de la descomposición de la luz que emite; todo esto se puede explicar desde las observaciones que se han realizado a nuestra estrella más cercana (El Sol), los descubrimientos y los estudios que se han hecho frente a este campo.

De esta forma, para tener una percepción clara del universo, es necesario reconocer la estrella que tenemos más cerca y caracterizarla desde la evolución estelar ya que la existencia del sol en el universo, ha sido fundamental como fuente de energía para nuestro planeta y dicha caracterización permite explicar qué sucede con las otras estrellas que vemos en el universo.

Con base en lo anteriormente expuesto surge la siguiente pregunta de investigación:

¿De qué manera se puede abordar la evolución del sol a partir de las nociones básicas de astronomía que tienen los estudiantes de la EPE a través de la metodología Actividades Totalidad Abiertas (ATA)?

1.2 OBJETIVOS

Objetivo General

- Realizar una propuesta didáctica para la enseñanza de la astronomía mediante las Actividades Totalidad Abiertas entorno al estudio de la evolución estelar, orientado a estudiantes de la Escuela Pedagógica Experimental tomando como eje central al sol.

Objetivos Específicos:

- Determinar los aspectos históricos y conceptuales frente a la evolución estelar mediante los estudios abordados a la caracterización y clasificación de las estrellas.
- Elaborar una ruta didáctica que aborde la evolución estelar teniendo como eje central el sol.
- Diseñar actividades bajo la metodología de las ATA que permitan estudiar la evolución estelar con estudiantes de la EPE.
- Analizar y discutir los alcances de la propuesta.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Desde hace muchos años se han generado preguntas entorno al cosmos, estas han impulsado a astrónomos a descubrimientos como el movimiento de nuestro planeta alrededor del sol, qué tan grande es nuestra estrella, las estrellas en el firmamento y demás, como algo lejano. Sin embargo, es necesario pensarse en el universo como parte de nosotros.

“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.” (Percy, 2015, pág. 1)

Teniendo en cuenta lo anterior, abordar la evolución estelar nos permite una mayor comprensión acerca de lo que somos en el universo y un ambiente propicio para aproximarse a estos temas, es en la escuela, donde se puede evidenciar una constante inquietud a lo desconocido. Este trabajo de investigación destaca el interés que se tiene sobre astronomía, donde a pesar que estos temas son incluidos en los estándares de ciencias naturales del MEN, es importante que se aborden con profundidad ya que una mayor comprensión de estos, puede impulsar a los niños y niñas a estudiar y aportar en un futuro en el campo de la ciencia o la astronomía. *“Acercarse de manera lúdica al aprendizaje de la astronomía, permite a los estudiantes explorar otras formas de comprender el mundo y sus fenómenos, aprender ciencias de manera distinta, en el marco de estrategias que promueven el desarrollo de pensamiento científico útil y contextualizado”* (Flórez, 2015 , pág. 73).

En la práctica docente, en la EPE se logra evidenciar la prioridad que tienen los estudiantes como personajes activos dentro de las clases, el proyecto de astronomía es uno de estos

espacios donde el rol del docente es conducir a los estudiantes a crear sus propias respuestas sobre fenómenos o temas de interés, creando así, un proceso de aprendizaje óptimo.

En este orden de ideas, cuando se habla de la enseñanza, un buen ambiente en el aula en especial, en las clases de ciencias, motiva a los estudiantes a preguntarse muchas cosas sobre la vida o el universo. Los proyectos de aula, se enfocan precisamente en estas preguntas o cuestionamientos como centro para desarrollar la clase ya que la búsqueda de soluciones en conjunto con el profesor hace más significativo y enriquecedor el aprendizaje, de esta manera, *“Estos interrogantes a convertirse en actividad generan procesos valiosos para la formación cuando son emprendidas por los estudiantes.”* (Segura, 2003, pág. 15)

Es por esto, que se decide utilizar esta estrategia teniendo como base los conceptos previos que tienen los estudiantes, para así, facilitar el nuevo enfoque hacia la evolución estelar.

1.4 ANTECEDENTES

Dentro de la búsqueda de antecedentes se encontraron diversos trabajos de investigación que aportan a este, destacando algunos que abordan aspectos en lo conceptual, metodológico y didáctico respectivamente alrededor de las temáticas que piensan abordar.

- a. “Diseño e implementación de un módulo para la enseñanza de las fases evolutivas del sol” (Vasquez, 2018) allí se realiza un módulo de implementación para la electiva “Astronomía General” de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN) que tiene como fin dar a conocer y explicar las etapas del sol y su evolución. Si bien, el público al cual va dirigida el modulo es diferente, resulta de gran importancia ya que abarca el eje central del presente trabajo.

- b. Otro documento del Departamento de Física de la UPN se titula “Mirada al cielo Bogotá: Una experiencia con niños de quinto de primaria” (S., 2012) allí se hace una implementación en el aula en relación con diversos conceptos de astronomía. Este trabajo usa las ATAS como alternativa metodológica para abordar las preguntas que se generan frente al cielo de Bogotá, presenta características en relación a las ATAS que contribuyen a la metodología del trabajo de investigación.
- c. De la Universidad Nacional, en la Maestría de las Ciencias Exactas, el trabajo “Actividades didácticas en astronomía estelar para un público en general del museo de la ciencia y el juego de la Universidad Nacional de Colombia” (Pico, 2016) aborda un bagaje muy amplio alrededor de la evolución estelar siendo un buen referente teórico, además un aspecto relevante de este trabajo es que se hace una implementación en un espacio educativo diferente lo que implica tener en cuenta diferentes herramientas para la explicación del tema.

Mediante la revisión y análisis de los anteriores antecedentes se logró evidenciar algunos temas de la astronomía trabajados de diferente forma, dichos aportes se realizaron tanto a nivel histórico y conceptual como metodológico y didáctico. Otro aspecto a destacar fue la diversidad de población al cual fue dirigido cada trabajo de investigación. En este orden de ideas, el trabajo aquí presentado aportará una nueva perspectiva para la enseñanza de la astronomía en lugares no convencionales como la EPE.

2. UNA MIRADA AL FIRMAMENTO

En este apartado se hará una contextualización histórica desde algunas teorías y acontecimientos importantes que aportaron de cierta manera a lo que ahora sabemos sobre las estrellas cómo su clasificación, evolución, características entre otros; que contribuyen a entender cómo se ha dado hasta acá la evolución estelar; estas se desglosarán a profundidad a lo largo del capítulo.

2.1 La clasificación estelar

El universo se formó aproximadamente hace 13.700 millones de años cuando una gran explosión dio lugar a grandes nebulosas, de allí nacieron infinidad de estrellas y entre ellas, nuestro sol. El nacimiento del sol, y las interacciones de gravedad permitieron la formación de planetas girando alrededor de él. Se cree que nuestro sistema solar se formó hace aproximadamente 4.650 millones de años, sin embargo, la vida en nuestro planeta se desarrolló mucho tiempo después.

El estudio de la astronomía abarca un amplio bagaje de teorías y análisis frente al cosmos, varios de estos han sido de gran importancia para comprender el universo. Uno de los trabajos más significativos dentro de la astronomía han sido las diferentes observaciones y registros del firmamento que se han llevado desde nuestros antepasados hasta la actualidad. En la antigua Grecia, Hiparco de Nicea fue el primer astrónomo que logró hacer un catálogo de estrellas donde las clasificó por su brillo aparente. *“La primera aproximación histórica que catalogo estrellas con base en alguna propiedad observable, fue concebida por el astrónomo griego Hiparco alrededor del 120 a.C, al ordenar las estrellas visibles a simple vista en seis clases según su brillo, llamadas magnitudes.”* (Pico, 2016, pág. 107)

Para el año 1572, el astrónomo Tycho Brahe observó una estrella nueva en el cielo que posteriormente sería llamada una supernova, si bien en esa época no había estudios frente a dichas estrellas, registró el cambio en su brillo siendo esta, mucho más brillante que el resto de las estrellas hasta varios meses después, cuando la dejó de observar.

En relación con el brillo de las estrellas, Johann Bayer, astrónomo alemán, realizó su clasificación estelar a comienzos del siglo XVII comparando las estrellas más brillantes de las constelaciones perceptibles a simple vista, para ello utilizó las letras del alfabeto griego denotando a la estrella más brillante con la primera letra del alfabeto en minúscula (alpha) (Kakurner, Kröger, Oja, Poutanen, & Donner, 2009, pág. 29). Esta se conoce como “Denominación de Bayer” y es utilizada actualmente dentro de la astronomía estelar.

Así, la astronomía observacional tomo fuerza y con el tiempo se vieron grandes progresos dentro de esta ciencia. Galileo Galilei, por su parte, fue uno de los más importantes astrónomos de la historia ya que fue el primero en usar un telescopio para realizar varias investigaciones y gracias a estas, pudo aportar y desmentir algunas teorías de su época. Una de estas, fue acerca de las concepciones de nuestro sol ya que anteriormente se pensaba que el sol y la luna eran astros perfectos y en sus observaciones, dio cuenta de las manchas o zonas oscuras que tenía el sol, llamadas “manchas solares” las cuales fueron fundamentales para estudios posteriores en relación con el sol. También se fijó en la organización del sistema solar, los planetas Venus y Júpiter donde respaldó el modelo helio centrista, cambiando el paradigma que el resto de los planetas giran alrededor del nuestro planeta Tierra.

Con la creación del telescopio se amplió el horizonte al firmamento, Charles Messier, un astrónomo que también se dedicó a registrar sus observaciones del cielo con ayuda del telescopio, creó catálogos con varios de sus hallazgos. Entre los 103 objetos astronómicos

que se encuentran en su primer catálogo, está la Nebulosa del cangrejo, la cual se sitúa aproximadamente a 6.500 años luz de nuestro planeta Tierra. “...En 1758 contempla el que sería primer objeto de su catálogo, el M1, que hoy conocemos como la nebulosa del Cangrejo, y que es el resto de la explosión de una supernova.” (Cardona, 2012, pág. 36) Si bien, los primeros estudios de Messier estaban centrados en la búsqueda de cometas, la identificación de nebulosas como esta, fueron de gran importancia más adelante para dar cuenta de la formación y evolución de las estrellas.

Gracias a las observaciones de Messier, William Herschel logró estudiar las estrellas binarias y las clasificó por su intensidad lumínica. Herschel también contribuye al estudio de las estrellas cuando centrándose en uno de los problemas del momento, (la distancia entre ellas), decide usar el método de Galileo, el cual es la paralaje estelar y descubre que existen varias estrellas que forman sistemas binarios; al cabo de un tiempo, en 1802, nota un cambio en su posición y lo relaciona a una fuerza de atracción entre ellas. “Pese a que las observaciones de Herschel no eran suficientes para probar que esa fuerza gravitatoria obedeciera la ley de Newton, fueron las primeras evidencias concretas de la validez de la gravitación universal más allá del sistema solar.” (Romero, pág. 7)

Con el tiempo, surgieron más descubrimientos frente a la naturaleza de las estrellas identificando variables como el brillo, el color y temperatura, entre otras. Fue en 1860 cuando William Huggins inició un estudio frente al espectro que emiten las estrellas y durante esa época, Kirchhoff desarrolló algunas “leyes” entorno a los espectros. “Este descubrimiento permitía conocer la composición química de cualquier objeto con sólo analizar las líneas espectrales de cada elemento químico.” (Gómez, 2004, pág. 48) Lo cual, al usarlo en el

ámbito de la astronomía, sería posible conocer el tipo de espectro que emite una estrella y por ende, el elemento que la compone.

Estos avances contribuyeron a una mejor clasificación de las estrellas, sin embargo, aún se desconocían algunos aspectos relevantes que las afectaban como su tipo espectral y la evolución que tienen a lo largo del tiempo; cuando se estudió sobre la radiación de cuerpo negro, a pesar de no ser un objeto ideal, fue de gran ayuda en el estudio de las estrellas para comprender la radiación que estas emiten a lo largo de su vida ya que tienen un comportamiento semejante¹.

Gracias a estos estudios, se realizó una clasificación más rigurosa por parte de un grupo de mujeres más conocido como “las computadoras de Harvard” las cuales asociaron letras a los diferentes tipos espectrales de las estrellas y las organizaron según su temperatura. *“En 1901 la astrónoma Annie Jump Cannon añadió los tipos espectrales O y B a la secuencia y también introdujo las subdivisiones decimales, es decir, cada tipo espectral se divide en 10 subdivisiones.”* (S.J.Arthur., 2012, pág. 1) En este sentido, Cannon y sus compañeras, contribuyeron a identificar a las estrellas por sus líneas espectrales y más adelante se reorganizó en relación con su temperatura usando las letras O, B, A, F, G, K y M, de la más caliente a la más fría respectivamente; así, una estrella con tipo espectral específico, determinaba la temperatura de dicha estrella. Nuestro sol, por ejemplo, se encuentra en la categoría G2, esto significa que su temperatura se encuentra alrededor de 6000 K.

¹ Se realizaron varios estudios para dar cuenta de la radiación de un cuerpo negro debido su capacidad de absorber y emitir radiación, fue necesario introducir el “cuanto” para su explicación. A partir de la energía emitida se puede conocer la temperatura efectiva de una estrella. Ver (Kuhn)

Como vemos, el espectro es una de las características más importantes en las estrellas, sin embargo, se pudo identificar diferencias en las líneas espectrales dentro de un mismo tipo, es así que se vio necesario introducir otra categoría para clasificarlas esta vez con respecto a su luminosidad siendo esta, un complemento a la anterior. La luminosidad no solo depende de la temperatura a la que se encuentra una estrella, sino del tamaño de esta, una estrella masiva en comparación con una pequeña, será más brillante; estas se encuentran ordenadas en 7 categorías como se muestra en la Tabla 1, en orden descendente desde la más luminosa.

I	Supergigantes
II	Gigantes brillantes
III	Gigantes
IV	Subgigantes
V	Estrellas de secuencia principal
VI	Subenanas
VII	Enanas blancas

Tabla 1: Clasificación de las estrellas según su luminosidad

Por otra parte, Ejnar Hertzsprung y Henry Norris Russel, cada uno por separado, realizan un estudio donde relacionan la luminiscencia y temperatura de las estrellas con su tipo espectral, ambos introducen el diagrama H-R (Hertzsprung-Rusell), el cual muestra cómo se relacionan estas características de las estrellas. Dicho diagrama² fue una base para el estudio sobre la evolución estelar e identificar algunas fases en la vida de una estrella.

² Este diagrama se abordará con mayor profundidad más adelante.

Posteriormente, con el diagrama H-R se dispuso a realizar estudios en relación con las fases de una estrella, el nacimiento y muerte de esta, Subrahmanyan Chandrasekhar estuvo analizando con más detalle una de las etapas finales de una estrella (la enana blanca), calculando la masa que podía llegar a alcanzar estando en esta fase, es decir, el límite en el cual la estrella deja de soportar su propio peso y explota, este es llamado “Limite de Chandrasekhar”.

En el caso de nuestro sol, estudios afirman que su ciclo lo llevará finalmente a convertirse en una enana blanca aproximadamente dentro de 1.200 millones de años.

2.2 Evolución Estelar

“Las estrellas son aves fénix que surgen de sus propias cenizas” (Brannon Braga, 2014)

Como ya se habló anteriormente, existen diferentes tipos de estrellas, cada uno comprende un ciclo de vida diferente; con el tiempo se han estudiado algunas fases que destacan dentro del universo como las enanas blancas, los agujeros negros, nebulosas y entre otras, las cuales se pueden explicar a partir del proceso de formación de una estrella.

La formación de las estrellas puede iniciar con la muerte de otra en las nebulosas o cúmulos estelares (como la Nebulosa del cangrejo), allí varios elementos del universo como el hidrogeno (el más abundante), el helio y el nitrógeno, se fusionan y van constituyendo una bola de gas gigante y caliente, en este momento son llamadas *protoestrellas*.

A lo largo del tiempo, su tamaño va aumentando y va transformándose (cambio de fase), el cambio de tamaño y masa provoca otros cambios en la estrella. *“La cantidad de masa de una estrella está directamente relacionada con la cantidad de energía que libera por segundo, a*

lo que conocemos como su luminosidad.” (S.J.Arthur., 2012, pág. 15) De esta forma en alguna fase, una estrella puede ser más masiva y luminosa que en otra fase de la misma.

El tamaño de las estrellas está determinado por la cantidad de masa y combustible que esta tenga. A muy altas temperaturas los elementos se van fusionando y cada vez que termina de fusionarse un elemento cambia de fase, así, al fusionarse varios núcleos del hidrogeno siendo el elemento más ligero y abundante, generan unos nuevos de Helio, los cuales son más pesados. Entonces, cuando varios núcleos de Helio se fusionen darán lugar a un nuevo elemento más pesado (Carbono y oxígeno) hasta llegar a uno de los elementos más pesados de la tabla periódica. *“Este proceso de formación de núcleos de átomos cada vez más pesados continuará, deteniéndose cuando el núcleo esté compuesto de fierro, por ser éste el elemento más pesado que puede ser formado exotérmicamente por fusión nuclear.”* (S.J.Arthur., 2012, pág. 20)

A medida que agota un elemento y comienza a fusionar el siguiente más pesado, aumenta su tamaño debido a explosiones al interior de la estrella donde interaccionan varias fuerzas las cuales hacen que la estrella se mantenga en equilibrio **“equilibrio hidrostático”**. Por un lado, juega la fuerza gravitacional que atrae a la estrella a su centro de masa comprimiéndola y por otro, está la fuerza de empuje que ocurre gracias a las fuerzas nucleares causantes de expandir dicha estrella.

Después de un largo tiempo, cuando la estrella termina la fase más larga de su vida llamada *Secuencia principal*, aumenta considerablemente su tamaño y dependiendo de qué tan masiva sea, reduce su tamaño a una *“enana blanca”* o explota. Según Díaz Giménez y Zandivares (2014) se determina si una estrella es masiva o no, en relación con la masa del sol.

“Si la estrella es aproximadamente de la misma masa que el Sol, se convertirá en una gigante roja, luego liberará sus capas externas en forma de nebulosa planetaria y finalmente el núcleo quedará convertido en una estrella enana blanca. Si es más masiva, puede experimentar una explosión de supernova y dejar detrás una estrella de neutrones.” (Diaz Giménez & Zandivares, 2014, pág. 45)

Algunas de estas fases están descritas según el diagrama de Hertzsprung y Russell teniendo en cuenta el brillo y temperatura de las estrellas, como se mencionó anteriormente, este diagrama fue de gran importancia en la astronomía para comprender fácilmente la evolución estelar.

Así pues, el diagrama H-R es uno de los más utilizados dentro de la astronomía estelar pues relaciona diferentes características de las estrellas con su evolución. En la *Ilustración 1a* que se muestra a continuación, está representada luminosidad en relación con su clase espectral mientras que en la *Ilustración 1b*, se describe con respecto a su temperatura.

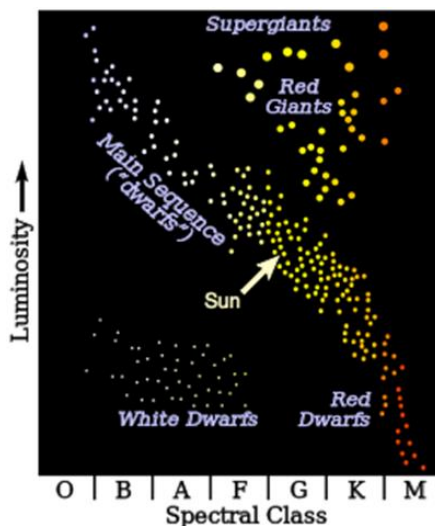


Ilustración 1a: Diagrama H-R: Luminosidad vs Clase espectral

Fuente: Recuperada de Percy, 2015, pág. 4

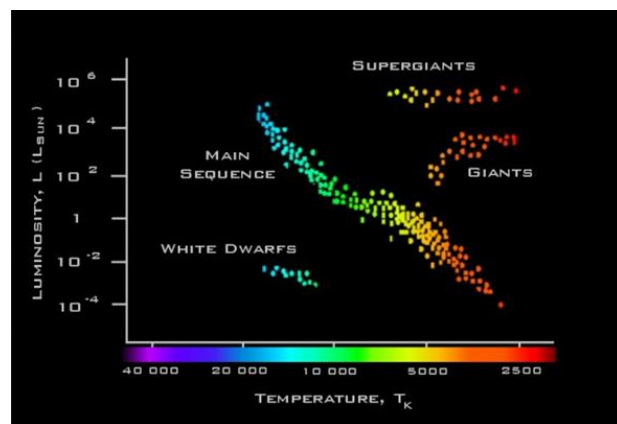


Ilustración 1b: Diagrama H-R: Luminosidad vs Temperatura aparente

Fuente: <https://geofrik.com/2010/03/14/diagrama-hertzsprung-russell/>

A partir de este, es posible identificar la fase en la que se encuentra una estrella analizando la diferencia de temperatura en cada una. Un ejemplo en concreto es el sol, en el centro del diagrama se encuentra en la fase “*Secuencia principal*” y ya que en este diagrama se incluyen las categorías espectrales O, B, A, F, G, K y M si conocemos la categoría espectral de nuestro sol es posible ubicarlo en el diagrama. También en ambos diagramas, en la parte superior derecha se encuentran las “*Gigantes rojas*” y allí se evidencia que su grado de temperatura es muy bajo. Por otro lado, en la parte inferior izquierda está la “*enana blanca*” la cual tiene una temperatura muy alta pero muy poco brillo.

Desde este diagrama se puede explicar la evolución que el sol llevará teniendo en cuenta varios aspectos característicos de nuestro sol como lo son su tamaño, temperatura y masa. A partir de esto se puede explicar en qué etapa se encuentra y con ello cuál será su próxima fase. En este momento se encuentra en la “*Secuencia principal*” fase en la que se encuentran la mayoría de las estrellas, donde mantiene una reacción nuclear invariable hasta consumir todo su hidrógeno.

El sol es una estrella común ya que es de tamaño promedio dentro de la mayoría de estrellas en el universo, la han denominado una enana amarilla y tiene una categoría de luminosidad V (en números romanos) la cual depende de su masa. Se designa enana amarilla debido a su tamaño, teniendo en cuenta su evolución y su temperatura superficial lo que implica un espectro electromagnético predominantemente hacia el amarillo.

3. DISECCIONANDO EL SOL

En este apartado se abordará con más detalle nuestra estrella, sus características y ciclo de vida diferenciándola del resto de las estrellas, donde se resalta la fase en la que esta se encuentra, *Secuencia principal*.

Al hablar de nuestro sol, es importante considerar los aspectos culturales que han enmarcado sus estudios; muchas comunidades percibían al sol de diferentes maneras y lo denominaban según su cultura y religión reflejando la importancia en sus vidas, culturas como la de los egipcios y griegos personificaban al sol como su dios atribuyéndole poderes relacionados con el fuego variando algunas creencias específicas cada cultura. Los mesoamericanos, por ejemplo, situaron al sol como su mayor deidad representando la luz y la vida.

No obstante, varios filósofos y científicos se dedicaron a observarlo e identificar sus características físicas y a lo largo del tiempo, este ha sido un foco relevante en la ciencia ya que, como actualmente se afirma, es la estrella responsable de la vida en el planeta.

El sol es una estrella como las miles que se ven en el cielo nocturno, es una inmensa esfera de gas muy caliente que está compuesta por varios elementos entre los que más abundan Hidrogeno y Helio, su tamaño fue estimado por primera vez por Aristarco de Samos (astrónomo griego del siglo III a.C) quien mediante sus observaciones y utilizando geometría, determinó que era 7 veces más grande que la Tierra. Actualmente, se afirma que el tamaño del sol es de $6,96 \times 10^8$ m aproximadamente, esto es 109 veces más grande que nuestro planeta y su materia es el 99% de toda la materia del sistema solar.

3.1 Las estrellas y su espectro

La luz es y ha sido de los fenómenos más importantes dentro del estudio del universo, al igual que el resto de estrellas, el sol produce luz y energía. La luz es considerada una onda electromagnética que se propaga en todas las direcciones a través del espacio, esta al pasar por un prisma u objeto similar se descompone en un espectro más amplio dependiendo las propiedades de la fuente de luz. Es posible percibir la luz del sol en el espectro visible el cual está compuesto de diferentes longitudes de onda, los colores los podemos distinguir, por ejemplo, en el arcoíris.

El estudio de este fenómeno de la luz es llamado espectroscopia la cual ha sido una técnica muy utilizada en la astronomía, no solo para el caso del sol, sino para identificar propiedades como la temperatura y composición de cualquier objeto celeste siempre que emita radiación.

Ahora bien, el espectro electromagnético no solo es la luz que observamos, este abarca un gran intervalo de longitudes de onda que van desde las ondas de radio hasta los rayos gamma (ondas de radio, microondas, infrarrojo, luz visible, ultravioleta, rayos x y rayos gamma). Sin embargo, la radiación solar se encuentra principalmente en la franja de la luz visible. *“Esta franja del espectro determina el color según la temperatura superficial de las estrellas, por ejemplo, en el Sol, este produce más luz amarilla que cualquier otro color debido a que su temperatura superficial es de $\sim 5500^\circ\text{C}$ ”*. (Pico, 2016, pág. 130)

Al analizar el espectro electromagnético proveniente del sol, se pueden evidenciar que es interrumpido por unos huecos o líneas (líneas de absorción) las cuales se observan como las líneas oscuras que hacen falta volviéndolo discontinuo, estas son llamadas líneas de Fraunhofer, así, existen no solo espectros continuos sino también de emisión y de absorción.

El estudio de la espectroscopia data alrededor de 1860 por parte de Kirchhoff, quien propuso tres leyes en relación con las líneas de emisión y absorción; un gas u objeto caliente emite un espectro continuo el cual corresponde al espectro de un cuerpo negro, la segunda afirma que cuando un elemento es expuesto al calor, sus átomos emiten radiación produciendo líneas de emisión y por último, la tercera ley explica que si existe un gas frío delante de una fuente de radiación, produce líneas de absorción, dichas líneas se originan porque moléculas del gas frío (que rodea la estrella) absorben fotones del espectro continuo de esta.

Gustav Kirchhoff y Robert Bunsen, científicos del siglo XIX, reconocieron algunos espectros estelares y dentro de sus estudios afirman que estos dan cuenta de los diversos elementos que contiene, asimismo, observaron que las líneas de absorción del espectro se deben a elementos que rodean la superficie del sol. Como se muestra en la *Ilustración 2* se compara el espectro del sol con el espectro del Hidrogeno y el Helio que son considerados los componentes principales de nuestra estrella.

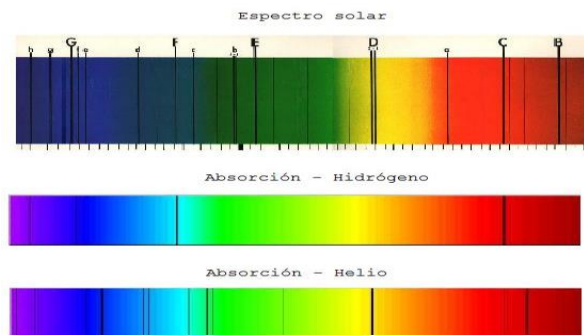


Ilustración 2: Espectro solar en relación con el espectro de los elementos Hidrogeno y Helio

Fuente: <https://eltamiz.com/elcedazo/2012/12/09/descubriendo-el-sol-sin-enviar-misiones-espaciales/>

De esta manera, se puede evidenciar que el espectro solar es una superposición de ambos espectros junto con otros elementos que lo forman, este se encuentra dentro de las estrellas

de tipo G y subdivisión 2 debido a que su rango de temperatura está alrededor de 5000 K teniendo como referencia la clasificación de Harvard ya mencionada.

Por otro lado, ya que las estrellas tienen muchas características diferentes, es importante además reconocer su luminosidad, volviendo al sol, este hace parte de la categoría V dentro de la clasificación con respecto a su luminosidad, dentro de la misma clase espectral (G, por ejemplo) puede haber estrellas de diferentes tamaños.

Entonces, como se muestra en la Tabla 1, la categoría V, hace referencia a las estrellas que se encuentran en su secuencia principal y no son tan luminosas. En esta se encuentran estrellas de diferentes clases espectrales y tamaños. *“Hay pequeñas enanas rojas (tipo M), enanas naranjas (K), enanas amarillas (G) como el Sol, estrellas blancas (F y A) y grandes estrellas azules (B y O).”* (Diaz Giménez & Zandivares, 2014, pág. 40)

La luminosidad se debe a la energía emitida desde el núcleo de la estrella, en este orden de ideas, se define la cantidad de energía que irradia una estrella por segundo. Siendo la temperatura una propiedad directamente relacionada con la luminosidad y teniendo en cuenta que el área superficial de una estrella (considerada esférica) es $A = 4\pi R^2$, se puede expresar de la siguiente manera:

$$L = \sigma 4\pi R^2 T^4$$

Así, la luminosidad de una estrella crece a medida que su temperatura y tamaño aumentan, además, un factor importante a considerar es (σ) la constante de Steffan-Botlzmann la cual está en relación con la radiación emitida por un cuerpo negro.³

³ Las estrellas se pueden considerar como un cuerpo negro a pesar de ser un objeto ideal, ya que es capaz de absorber todas las longitudes de onda sin reflejar nada y a temperaturas muy elevadas como lo es el caso de una estrella, es un perfecto emisor.

Al observar el cielo podemos notar características como la luz de las estrellas y cómo a simple vista unas son más brillantes que otras, no obstante, es importante destacar algunas propiedades fisicoquímicas, aproximándonos a la superficie y estructura de estas. Desde las observaciones de Galileo con el telescopio se pudo identificar unas manchas más oscuras en el sol, estas manchas solares se encuentran en la superficie solar y son un poco más frías que el resto de la estrella. Gracias a dichas observaciones fue posible ver el movimiento del sol el cual rota sobre su propio eje, analizando el cambio de posición de las manchas y así conocer un poco más la dinámica de nuestra estrella.

3.2 EL destino de nuestro Sol

La existencia de nuestra estrella se debe a gigantescas interacciones en su interior; el sol es un gran reactor nuclear, esto significa que es capaz de producir una serie de procesos nucleares en cadena de modo que constantemente y estos liberan grandes cantidades de energía provocando que la estrella irradie luz en todas las longitudes.

Ahora bien, estas interacciones termonucleares se producen de diferentes formas dependiendo la cantidad de combustible existente en el interior de la estrella y su temperatura, en su núcleo dos protones se fusionan dando lugar a un nuevo elemento más pesado y partículas como fotones. La energía es transportada desde su núcleo (donde se genera) hacia el exterior de la estrella.

Es importante resaltar que durante estas reacciones la materia no se conserva completamente, esto es debido a que una parte de esta, se transforma en energía en forma de fotones o cuantos de luz, además de energía cinética.

En el sol, el proceso de fusión que se lleva a cabo es llamado “*Cadena protón-protón*” o también llamada cadena pp, el cual consiste en la fusión de núcleos de Hidrogeno creando uno nuevo de Helio y liberando energía en forma de fotones, este proceso se despliega en varias etapas.

Inicialmente un protón de hidrogeno se fusiona con otro dando lugar a un deuterio, un positrón y un neutrino, posterior a esto, el deuterio se une a otro protón de hidrogeno liberando así helio-3 y fotones de rayos gamma. Finalmente, los núcleos de helio-3 se unen formando Helio-4, en principio cuatro protones son transformados en un núcleo de helio. La *cadena pp* dura más de 10^{10} años, gracias a esto nuestro sol aún no ha consumido todo su hidrogeno y sigue brillando de forma estable.

A comparación del sol, las estrellas más masivas emiten su energía mediante un proceso llamado “*Ciclo del CNO*” (Carbono Nitrógeno Oxígeno) en el cual los fotones son liberados por la fusión de núcleos de Hidrogeno utilizando dentro del proceso al Carbono como catalizador. Este proceso se lleva a cabo en varias etapas en las que se fusionan núcleos de hidrogeno con carbono-12 para producir un núcleo de Helio-4 y carbono-12 con la liberación de grandes cantidades de energía, este procedimiento funciona para estrellas de mayor temperatura.

De este modo, los núcleos implicados en este tipo de estrellas son más pesados y más cargados, es por ello que se requiere mayor energía para poderlos fusionar. La tasa de reacción incrementa con la temperatura, es decir, cuanto mayor sea la temperatura, más rápido y frecuente será la colisión entre partículas. (H.Kakurner, Kröger, Oja, Poutanen, & Donner, 2009)

A medida que estas reacciones termonucleares ocurren y van consumiendo sus elementos, la estrella presenta cambios notorios. “*El hecho de que las estrellas liberan su energía interna implica que deben evolucionarse, es decir, experimentar cambios en su estructura y su composición química.*” (S.J.Arthur., 2012, pág. 7) Dependiendo de la masa, la estrella va evolucionando de diferente manera ya que, al realizar su fusión nuclear, las estrellas más masivas seguirán originando nuevos elementos.

En el caso del sol su etapa más duradera es la actual, llamada ***Secuencia principal*** donde transformará todo su Hidrogeno en Helio. “*Esta fase será la más larga en la vida de nuestra estrella, pues el hidrógeno (el 70 % de la masa total) es suficiente como para alimentar el reactor nuclear durante unos 10 000 millones de años.*” (Bachiller, 2009, pág. 374) Al agotarlo, la estrella se expandirá entrando en la fase de ***Gigante Roja***.

Mientras la estrella pasa a ***Gigante Roja***, el hidrogeno se va consumiendo generando nuevos núcleos de helio que se acumulan en el núcleo de la estrella, este colapsa y eleva su temperatura formando capas externas de hidrogeno, donde se seguirá consumiendo. Estas interacciones provocarán que la estrella se expanda continuamente y se enfríe transformándola. Las estrellas de este tipo se encuentran entre los 4000 K y los 2000 K.

Cuando la gigante roja haya gastado el helio en su interior, aproximadamente en otros 10^{10} años no tendrá otro camino que colapsar dejando atrás una ***Nebulosa Planetaria*** la cual está compuesta por las capas externas que queda de la estrella mientras su núcleo se va transformando en un remanente estelar (***Enana blanca***).

Llegando a su última etapa de vida, nuestro sol se convertirá en una ***Enana blanca*** (aproximadamente de 0.54 Masas solares), en esta fase sus reacciones nucleares han llegado

a su fin y no tienen suficiente masa para seguir o convertirse, por ejemplo, en agujero negro; por lo que expulsará los restos de la estrella y comenzará a colapsar, lo que se conoce como el Límite de Chandrasekhar. Cuando el núcleo de la estrella alcanza las 1,4 masas solares, la presión de los electrones de la estrella (fuerza nuclear) no logran mantener en equilibrio a la estrella, si la estrella llega a superar este límite, colapsa hacia una *estrella de neutrones*.

Como se ha mencionado en el anterior capítulo, las enanas blancas tienen una temperatura mucho más elevada que las gigantes rojas pero su luminosidad es baja. Si bien, al inicio de la fase es caliente, en esta fase la estrella se enfriará gradualmente hasta su extinción, la estrella tendrá en su interior elementos como carbono y oxígeno, pero no podrá fusionarlos por lo que la energía calórica que le queda se irá agotando.

Por otro lado, las estrellas de mayor masa, (mayores a 8 masas solares) realizan su ciclo de fusión más rápido ya que la acción de la gravedad obliga a la estrella a fusionar más rápido sus elementos para contrarrestar esta fuerza.

Las estrellas más grandes tienen más combustible, pero tienen que quemar más rápido con el fin de mantener el equilibrio. Debido a que la fusión termonuclear se produce a un ritmo más rápido en las estrellas masivas, las grandes estrellas utilizan la totalidad de su combustible en un lapso más corto de tiempo. Una estrella más pequeña tiene menos combustible, pero su tasa de fusión no es tan rápida. Por lo tanto, las estrellas más pequeñas viven más que las grandes estrellas, ya que su tasa de consumo de combustible no es tan rápida. (Díaz Giménez & Zandivares, 2014, pág. 43)

Por lo tanto, estas estrellas evolucionan dando lugar a diferentes tipos de estrellas *Súper Gigantes, Súper Novas, Agujero Negro, Pulsar o estrella de neutrones*, como las estrellas tienen una enorme cantidad de masa, al consumir su Hidrogeno y expandirse terminan en estrellas Supergigantes, además al lograr convertir más elementos, su implosión es mucho más notoria que en el caso de las estrellas de tipo solar.

Reconociendo lo estudiado hasta acá y entendiendo el ciclo de vida de las estrellas, particularmente nuestro sol, se continuará con la propuesta de aula que abarque estas características.

4. METODOLOGIA DE TRABAJO

Para la propuesta se tendrá en cuenta la metodología cualitativa, la cual se caracteriza por ser flexible y considerar las experiencias dentro de la investigación, además, para el diseño de la propuesta de implementación, se utilizará la ATA (Actividad Totalidad Abiertas), definida también como proyectos de aula. En este apartado se tratará la metodología usada y se hará una descripción de las actividades propuestas.

Dentro de esta investigación es de gran importancia reconocer la población con la que se trabajará y su contexto, en este sentido, para el desarrollo de la investigación se tiene un conocimiento del contexto de la EPE (Escuela Pedagógica Experimental), los aspectos destacables dentro de esta y puntualmente del proyecto heterogéneo de astronomía, para posteriormente realizar el diseño de actividades.

4.1 Las Actividades Totalidad Abiertas (ATA)

Esta metodología propuesta por Segura, Molina & Pedreros (1995) surge como una alternativa didáctica la cual rompe el supuesto que el profesor es el portador de conocimiento y los estudiantes los receptores, dicha alterna sugiere un reconocimiento tanto del contexto como de los estudiantes inmersos en él.

En este sentido, es definida como proyectos de aula que permiten trabajar desde las preguntas de los estudiantes donde estos juegan un papel activo y protagónico en el desarrollo de las clases, esto posibilita ir en la misma dirección que los estudiantes atendiendo a estas inquietudes desde un trabajo conjunto. Las ATA se centran en la experiencia de los estudiantes como eje y allí los procesos colectivos son valiosos para la elaboración de explicaciones frente a situaciones o temas que se aborden en clase. *“Así pues, valoramos los*

proyectos de aula por la posibilidad de contribuir para la formación de una actitud científica y por constituirse en una alternativa para la formación de valores necesarios para vivir en colectivos” (Segura et al, 2003, pág. 17)

Generalmente estas parten de problemas cotidianos donde el estudiante le otorga sentido al problema, es decir, encuentra una necesidad de aprender y desde esta perspectiva, resolver el problema implica tener en consideración no solo un concepto sino articular varias teorías lo que impulsa a los estudiantes a la argumentación. Como se ha mencionado, las ATA se originan y desarrollan en relación con las preguntas y el constante interés del estudiante, importantes dentro de la realización de la estrategia. (García , Segura , & Díaz, 2015)

A pesar de que la evolución del sol no es un problema cotidiano, reconociendo lo desarrollado previamente, el interés que genera dicho tema puede ser un detonante para la utilización de las ATA, para ello se resaltan algunos aspectos significativos en el pensar de esta propuesta, los elementos que se van a abordar se pueden evidenciar en el diagrama 1.

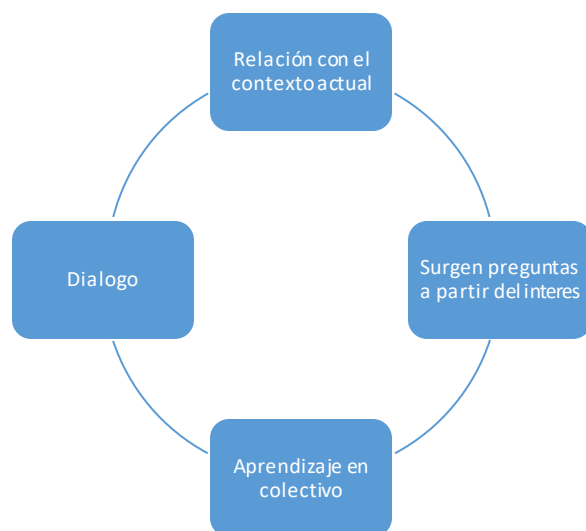


Diagrama 1: Elementos a destacar de las ATA Elaboración Propia

La propuesta está diseñada teniendo en cuenta la población de la Escuela Pedagógica Experimental, esta institución se ubica en el kilómetro 4.5 vía la Calera, se considera

puntualmente el *proyecto heterogéneo de Astronomía* en el cual se encuentran estudiantes de niveles 9 y 10 (con edades entre 11 y 13 años) que presentan un interés frente a la astronomía.

Las sesiones en las que se desarrollará la propuesta estarán enmarcadas a partir del dialogo entre los estudiantes orientados por el docente, donde dichas discusiones grupales propicien una variedad de puntos de vista que lleven a formular descripciones de cómo ha evolucionado y evolucionará el Sol. (*Dialogo*)⁴

Por otra parte, dentro de la enseñanza en el área de ciencias y puntualmente en el área de la astronomía, utilizar estrategias como analogías es de mucha ayuda para explicar procesos y fenómenos del universo que no se pueden llevar al aula debido a la magnitud, distancia y tiempo de evolución en la que desarrollan. (*Analogías*)⁵

Además, en la utilización de las ATA se logra un interés que impulsa a los estudiantes a dar una explicación o modelización de ciertos fenómenos (*Elaboración de explicaciones*), esto permitirá, en este caso, una búsqueda de soluciones y que el estudiante sea capaz de comprender ciertos procesos como la fusión nuclear y explicar el cambio de fase del Sol.

En este orden de ideas, a partir de las actividades realizadas, los estudiantes construirán un **“modelo mental”** que permita establecer relaciones entre los procesos que ocurren en el sol entorno a la evolución estelar (como el cambio de tamaño y su composición) para así de forma argumentada, elaborar una explicación sobre las fases y el ciclo de vida de nuestro sol.

⁴ El dialogo es uno de los puntos a tener en cuenta dentro de las ATA ya que posibilita la construcción de confianza en los estudiantes fundamental en el desarrollo de las clases.

⁵ El uso de analogías es útil en la elaboración de explicaciones dentro de las clases de ciencias, de vital importancia en las ATA (Segura D., 2003)

4.2 ACTIVIDADES

Se diseñaron cuatro actividades enfocadas en el estudio de la evolución estelar partiendo desde nuestra estrella más cercana (El sol), se utiliza la alternativa “ATA” como referente dentro de la metodología de las actividades propuestas de tal forma que permiten la participación activa de los estudiantes. Las actividades se diseñaron de forma que una actividad lleve a la siguiente, es decir, las soluciones propuestas por los estudiantes en la primera actividad llevarán a otros interrogantes que desencadenan nuevas actividades.

Actividad de Inicio

Descripción de la actividad: Se propone que los estudiantes mediante un foro, discutan algunas preguntas orientadoras planteadas por la docente que propicien un ambiente de construcción común del concepto de estrella. Así, tomando en cuenta dichas discusiones, identificar las ideas que se tienen frente al sol y las estrellas.

Recursos: El foro

Preguntas orientadoras:

- ¿Qué entiende usted por estrella? ¿Todo lo que hay en el cielo son estrellas?
- ¿Qué diferencias hay entre una estrella y el resto de cuerpos en el universo? ¿Existen diferentes tipos de estrellas?
- ¿Las estrellas son eternas?
- ¿Algún día morirá el sol? ¿Cómo muere una estrella?

Objetivos:

Para el docente:

Reconocer las descripciones que los estudiantes hacen sobre las estrellas

Identificar la terminología que los estudiantes utilizan al hacer las descripciones durante el foro

Para el estudiante:

Reconocer los puntos de vista de los compañeros y el trabajo en equipo

Construir explicaciones elaboradas sobre el concepto de estrella.

El interior de una estrella

Descripción de la actividad: Se abordará con los estudiantes una lectura⁶ sobre el sol, los recursos que utiliza la estrella para vivir (sus elementos) y la fusión nuclear. A partir de ello, se realizará un juego de preguntas donde cada estudiante formula una y de manera aleatoria se da respuesta a las esa, así, cada estudiante intentará responder una pregunta de un compañero.

Recursos: Lectura “*El astro Rey*” (Cadavid Sanmiguel & Diaz C., 2008)

Objetivos:

Para el docente:

⁶ Ver ANEXO 1

Proporcionar al estudiante herramientas conceptuales sobre las interacciones presentes al interior de una estrella

Impulsar al estudiante a indagar más sobre la temática

Para el estudiante:

Identificar las características de las estrellas (Sol) y la fusión de elementos

Cuestionarse sobre las dinámicas de una estrella y cómo esta libera de energía

Crea tu propia estrella

Descripción de la actividad: Mediante el juego de mesa “*La base para mi estrella*”⁷, los estudiantes crearán varias estrellas teniendo como base algunos parámetros como la masa (Expresada en masas solares) los elementos químicos que contiene la estrella y la cantidad de dichos elementos (Expresada en porcentajes). De esta forma, reconocerán los diferentes tipos de estrella en relación con su fase evolutiva.

Recursos: Juego de mesa “*La base para mi estrella*”

Objetivos:

Para el docente:

Fomentar un ambiente de experimentación para evidenciar las relaciones de temperatura, color y tamaño

Para el estudiante:

⁷ Ver ANEXO 2

Determinar el periodo de vida de una estrella por medio de sus características físicas

Analizar las opciones de la tabla y crear un modelo mental entorno a los elementos y cantidad de masa que tendría “su propia estrella”

Ubicación de *mi estrella* en el diagrama H-R

Descripción de la actividad: Se propone que los estudiantes ubiquen en el diagrama H-R sus estrellas teniendo en cuenta su fase evolutiva y su posible temperatura, para ello se realiza una pequeña introducción alrededor del diagrama y posteriormente se construirá un diagrama con dichas estrellas.

Recursos: Diagrama H-R como base para la ubicación de cada estrella

Objetivos:

Para el docente:

Evidenciar la organización de las estrellas dentro del diagrama H-R

Para el estudiante:

Identificar las variables dentro del diagrama H-R y la importancia de estas para el estudio de la evolución estelar

Organizar la información de su propia estrella en un diagrama donde se nombre el tipo de estrella que es

5. DISCUSIONES FINALES

Para este apartado se tuvieron en cuenta las actividades diseñadas dentro de la propuesta y las expectativas que se espera cumplir en relación con la población a trabajar, cabe señalar que si bien, esta propuesta de implementación es una “guía” para el docente, no es obligatorio que se desarrolle como un paso a paso, sino de acuerdo con el avance de los estudiantes, es decir, teniendo en cuenta las diferentes discusiones abordadas lo que permite direccionar la propuesta de acuerdo con el enfoque de la clase.

“Otra característica de la ATAs es que usualmente una misma inquietud plantea búsquedas distintas y secuencias también diferentes en diferentes situaciones o diferentes grupos. Las ATAs son irrepetibles.” (Segura D., 2007, pág. 16) En otras palabras, una de las más destacables características de las ATA es que siempre van en contexto con los estudiantes, las clases llevadas a cabo bajo dicha estrategia metodológica, originan discusiones y productos propios de cada grupo de estudiantes que se trató.

Así pues, por medio del conjunto de actividades planteadas se espera que los estudiantes amplíen su visión al universo, es decir, no reducir el cosmos a nuestro sistema solar, sino aclarar que existen millones de estrellas con características similares al sol y, por ende, es posible la existencia de otros sistemas solares.

Se pretende que el estudiante logre reconocer que el nacimiento de una estrella puede surgir a partir de la muerte de otra, a su vez, identificar los elementos que la componen y que también constituyen el universo. Todas esas discusiones se pueden encaminar a la reflexión de famosas frases como “Somos polvo de estrellas.”

Adicionalmente, se busca precisar en el hecho de que los cuerpos celestes como el sol no son eternos, sino que al igual que los seres vivos también tienen un ciclo de “vida” solo que mucho más prolongado en el tiempo.

Dichas actividades planteadas propician el desarrollo del pensamiento científico en diferentes aspectos, por un lado, el uso de analogías (tanto para la realización de las actividades como dentro de las explicaciones que realicen los estudiantes) son propias del pensamiento científico y dan cuenta de la capacidad del estudiante de usar una situación cercana a la experiencia y a partir de esta, dar explicación a fenómenos alejados de su realidad. Por otro lado, el cuestionamiento y búsqueda de soluciones a ciertas preguntas son propias del quehacer científico, puesto que este genera curiosidad frente al mundo que los rodea y así, un interés por aprender.

CONCLUSIONES

Dentro de la construcción de conclusiones que emergieron del presente trabajo de investigación, se tuvieron en cuenta tres categorías, en este apartado se presentan dichas conclusiones de acuerdo con la organización del trabajo investigativo, el marco teórico y el planteamiento de las actividades:

- **En relación con el desarrollo del marco teórico**

La contextualización histórica permitió reconocer que la evolución estelar engloba diversos aspectos entorno su explicación y cómo dichos estudios aportaron a lo que hoy conocemos de la clasificación de las estrellas. Durante el primer capítulo se logró evidenciar las

características del sol por medio de la comparación con otros tipos de estrella y su evolución. Igualmente, la caracterización estelar propicia el identificar las diferentes variables en las que se puede catalogar a una estrella y cómo estas afectan su ciclo.

Abordar la evolución estelar partiendo desde la evolución de nuestro sol, permite explorar las posibles muertes en las diferentes estrellas teniendo en cuenta su masa inicial. Igualmente, para el estudio y enseñanza de estas es necesario introducir temas como la fusión nuclear, el equilibrio hidrostático y su cantidad de masa.

- **En relación con la documentación**

Por otro lado, investigar dentro de un trabajo de investigación implica una búsqueda detallada de bibliografía y selección de material, se destaca que si bien, la evolución estelar no es un tema tan antiguo, se encuentran documentos muy superficiales en relación con la evolución del sol o algunos que por el contrario tienen un lenguaje muy técnico. Así mismo, dentro del departamento de la Universidad Pedagógica Nacional se encuentran muy pocos antecedentes lo que convierte la búsqueda en un ejercicio arduo, sin embargo, se pueden rescatar las diferentes aplicaciones didácticas y perspectivas de enseñanza de la astronomía que se han usado para abordar dichos temas con diferentes poblaciones.

- **En relación con la propuesta didáctica**

Desde las reflexiones pedagógicas frente las actividades diseñadas, se enfatiza en que estas se presentan dentro de la propuesta como una guía de trabajo de tipo abierto donde el docente puede realizar las actividades según su interés y el de sus estudiantes. Dentro de la propuesta se presentan varios aspectos propios de las ATA como base metodológica ya que posibilita un trabajo de aula mucho más flexible tanto para los estudiantes como para el docente.

Desarrollar la propuesta de implementación focalizando el interés de los estudiantes frente al tema pretende fomentar la curiosidad desde la primera actividad con las preguntas orientadoras y en el desarrollo de las actividades donde, además, se impulse a los estudiantes a elaborar argumentos y utilizar analogías. Dichas actividades presentan conceptos y aspectos importantes a modo de juego donde los estudiantes van creando un modelo mental de una estrella y sus características físicas siendo estas, piezas importantes dentro de las ATA.

De este modo, se logran construir los elementos necesarios en conjunto con los estudiantes, para la explicación de la evolución estelar partiendo del propio ciclo de vida nuestra estrella.

BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

(s.f.). Obtenido de <https://eltamiz.com/elcedazo/2012/12/09/descubriendo-el-sol-sin-enviar-misiones-espaciales/>

Bachiller, R. (2009). EL SOL: NUESTRA ESTRELLA, NUESTRA ENERGÍA. *Observatorio Astronómico Nacional Instituto Geográfico Nacional - Ministerio de Fomento*.

Braga, B., Pope, B., & Druyan, A. (Dirección). (2014). *COSMOS* [Película].

Cadavid Sanmiguel, L., & Diaz C., C. M. (2008). *EL GRAN LIBRO D LOS EXPERIMENTOS*. Lima-Perú: LEXUS EDITORES S.A.

Cardona, A. (2012). *Breve Historia de la astronomía*. Madrid España .

Diaz Giménez, E., & Zandivares, A. (2014). *¿CUÁNTO SABÉS SOBRE EL UNIVERSO?* Observatorio Astronómico Córdoba.

Flórez, M. P. (2015). *Astronomía Lúdica: Una oportunidad en la escuela primaria*. Bogotá Fundación Universitaria Los Libertadores.

García , M., Segura, D., & Díaz, V. (2015). La educación ambiental en la escuela pedagógica experimental: hacia una versión pedagógica de la economía azul. *Rollos nacionales NODOS Y NUDOS*.

Gómez, Y. C. (2004). *EPISTEMOLOGÍA, ONTOLOGÍA Y COMPLEMENTARIEDAD EN NIELS BOHR*. Madrid .

Kakurner, H., Kröger, P., Oja, H., Poutanen, M., & Donner, K. J. (2009). *Fundamental astronomy* (5 ed.). New York: Springer.

Kuhn, T. S. (s.f.). *La teoría del cuerpo negro y la discontinuidad cuántica 1894-1912*. Madrid : AlianzaUniversidad .

Mendoza, J. (2010). *INTRODUCCION A LA ASTRONOMÍA YA LA ASTROFISICA* . Olimpiada nacional de la Astronomia México .

Percy, J. (2015). *Evolución de las estrellas*.

Pico, J. (2016). *Actividades didácticas en astronomía estelar para un público en general del museo de la ciencia y el juego* . Bogotá Universidad Nacional .

Romero, F. M. (s.f.). William Herschel y las estrellas dobles . *Universo LIADA* .

S., C. (2012). *Mirada al cielo Bogotá: Una experiencia con niños de quinto de primaria* . Bogota Universidad Pedagógica Nacional .

S.J.Arthur. (2012). *Astrofísica Estelar*. UNAM.

Segura, D. (2003). Los proyectos de Aula. más allá de una estrategia didáctica. *Educacion y pedagogía Bogotá*.

Segura, D. (2007). Las Actividades Totalidad Abiertas, una propuesta para la comprensión de nuestra realidad en un mundo globalizado. Bogotá. Conferencia presentada en el IX congreso de Ciencias.

Tarquino, E. (2006). *Desarrollo de Procesos de Investigacion en la Escuela a partir de la Astronomía*. Bogotá Universidad Distrital Fransisco José de Caldas.

Vasquez, B. (2018). *Diseño e implementación de un módulo para la enseñanza de las fases evolutivas del sol*. Bogotá Universidad Pedagógica Nacional .

ANEXOS

ANEXO 1

ACTIVIDAD 2 “EL INTERIOR DE UNA ESTRELLA”

Para la realización de la actividad se piensa utilizar una lectura como guía frente al concepto de estrella y los procesos que esta lleva a cabo en su interior:

DERRETIDORA EXPERIENCIA CONOCE AL ASTRO REY

El Sol es una inmensa bola de gases incandescentes, compuesta sobre todo de helio e hidrógeno.

En su interior, el calor es tan intenso que obliga a los átomos que componen el hidrógeno a unirse entre sí en un proceso que se llama fisión nuclear.

En esta fisión se libera una inmensa energía en forma de luz y calor. Aunque alcanzamos a verlo, el Sol se encuentra muy lejos de la Tierra.

Los científicos calculan una distancia de por lo menos 150 millones de kilómetros. Recibimos apenas una mínima parte de la energía que desprende, pero sin ella no podríamos vivir.



-Hay algo que no acabo de entender, profe: ¿qué diferencia hay entre las estrellas y los planetas?

-Magnífica pregunta, mi pequeño astrónomo... Hay que mirar mucho, pero mucho más allá para entenderlo.



ESTRELLAS Y PLANETAS

Las estrellas son soles lejanos y brillan por sí mismos. Los planetas, en cambio, son cuerpos celestes que no tienen luz propia sino que giran alrededor de una estrella de la que reciben su luz. Como la Tierra, que gira alrededor del Sol.

Los planetas están hechos de polvo y de gases que aparecen alrededor de las estrellas.

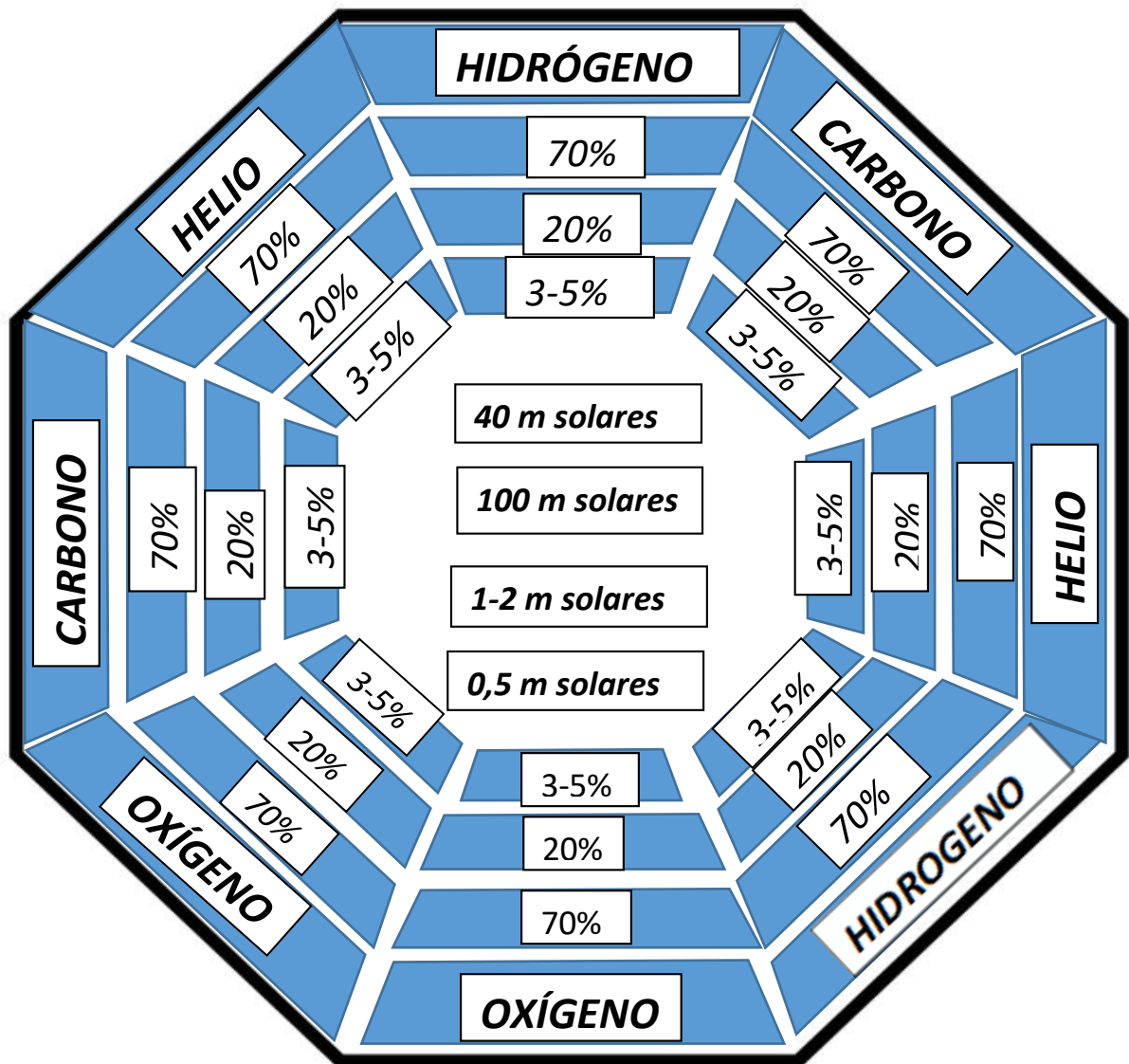
ANEXO 2

ACTIVIDAD 3 “CREA TU PROPIA ESTRELLA”

Para el desarrollo de la actividad se utiliza un juego de mesa “*La base para mi estrella*” como herramienta para crear una estrella donde están las variables masa de la estrella, elementos de una estrella y la cantidad de dichos elementos en porcentajes

PIEZAS DEL JUEGO

- Dado
- Tres balotas correspondientes a la masa de la estrella (Indicada en el tablero)
- Tablero: Cuenta con cuatro masas diferentes para la estrella, la masa se encuentra expresada en **masas solares**, cuatro de elementos que puede tener una estrella (Hidrógeno, Helio, Carbono y Oxígeno) y los porcentajes de dichos elementos.



INSTRUCCIONES:

Cada estudiante debe lanzar un dado el cual le indicará el porcentaje del elemento al que corresponda, se realizan los lanzamientos hasta completar un aproximado del 100% de los elementos de una estrella. Así el estudiante realiza un modelo mental del interior de su propia estrella.

Luego se elige una de las balotas en relación con la masa de cada estrella, se encuentran las tres opciones en el centro del tablero como guía. Ya seleccionada una, se identifica según su masa y porcentaje a qué tipo de estrella pertenece y su fase evolutiva.