Explorando la Ciencia de CTA con Ted y sus Amigos - Actividades

Introducción: La serie de animación "Explorando la ciencia de CTA con Ted y sus amigos", disponible en el canal de YouTube de CTA, presenta diferentes conceptos astronómicos, tales como la luz, los púlsares, los agujeros negros, por qué los observatorios se encuentran en lugares oscuros, etc.

Actividad: Este manual de actividades propone preguntas y ejercicios de diferentes niveles relacionados con cada episodio de la serie de animación (~ 3 min/episodio). El manual está diseñado para los educadores, pues incluye todas las respuestas, tal y como se dan en la serie, así como anotaciones adicionales. Las preguntas están divididas por episodios - recomendamos a los educadores llevar a cabo las actividades con los estudiantes justo después de ver cada capítulo para consolidar ideas nuevas antes de comenzar el siguiente.

Objetivo: El objetivo es iniciar a los estudiantes en astronomía - particularmente en la astrofísica de altas energías que el futuro observatorio de rayos gamma, el Cherenkov Telescope Array (CTA), estudiará - y especialmente desarrollar su pensamiento científico y la lógica, así como mejorar la atención y retención de información.

Rango de edad: 5-11 años
Material complementario: https://www.cta-observatory.org/outreach-education/
¿Preguntas? Contacta con la Coordinadora de Divulgación y Educación de CTAO, Alba Fernández-Barral (alba.fernandezbarral@cta-obsevatory.org)

cta cherenkov telescope array

cherenkov telescope array

the observatory for ground-based gamma-ray astronomy

Explorando la Ciencia de CTA con Ted y sus Amigos

EPISODIO 1: "CTA: Explorando los cielos"

¿Cuántos telescopios del Cherenkov Telescope Array (CTA) habrá en el mundo?
Más de 100 (*Nota para los educadores:* Cherenkov Telescope Array significa en español "Red de Telescopios Cherenkov", pero usamos su nombre en inglés siempre. CTA estará compuesto por hasta 118 telescopios – 19 en La Palma, España, y 99 cerca de Paranal, Chile).

¿En dónde estarán?
Un grupo estará en Chile (América del Sur) y otro en La Palma (España, en las Islas Canarias que están al lado de la costa oeste de África).

¿Qué investigan los telescopios CTA?
Investigan el cielo de rayos gamma.

¿Qué son los rayos gamma?
Son como los rayos X, que sirven para ver los huesos del cuerpo humano, pero mucho más energéticos (*Nota para los educadores:* los rayos gamma son la luz -radiación electromagnética- más energética que existe. La luz se puede clasificar según su energía, lo que se conoce como el espectro electromagnético. Así, el espectro electromagnético nos dice que la luz sigue el siguiente orden de menos a más energía: las ondas de radio, las microondas, el infrarrojo, la luz visible, los rayos ultravioletas, los rayos X y, finalmente, los rayos gamma. Solo podemos ver con nuestros ojos la luz con energía dentro del rango de la luz visible. Los rayos gamma de más alta energía solo se pueden encontrar en el Cosmos, pues no hay nada en la Tierra que pueda emitirlos).

¿Qué ejemplos de objetos que emiten rayos gamma en el espacio ha comentado Ted en este capítulo?
Púlsares (estrellas que rotan muy rápido) y supernovas (explosiones cósmicas).

¿Por qué quiere Ted y sus amigos de CTA observar rayos gamma?
Para entender qué pasa alrededor de estas fuentes y en el Universo.

EPISODIO 2: "CTA: Detectando rayos gamma"

¿Podemos ver todos los colores de la luz que existen en el Universo?
No, solo podemos ver una pequeña fracción llamada luz visible, que está formada por los colores del arcoíris (*Nota para los educadores*: explicar que vemos un objeto de color blanco cuando el objeto refleja todos los colores y negro cuando el objeto absorbe todos los colores).

¿Qué color de luz observan Ted y sus amigos?
Observan rayos gamma (que nosotros no podemos ver con nuestros ojos).

¿De dónde vienen esos rayos gamma?
Del espacio (*Nota para los educadores*: producidos por fuentes muy energéticas del espacio).

¿Qué son las partículas?
Son bolitas muy pequeñas que forman toda la materia que conocemos, ¡incluidos nosotros mismos!

¿Qué es lo más rápido del Universo y a qué velocidad va?
Lo más rápido del Universo es la luz en el vacío (en el espacio) y va tan rápido que puede dar 7 vueltas y media alrededor de la Tierra en solo un segundo (*Nota para los educadores*: la velocidad de la luz es de ~300.000 km/s).

¿La luz se mueve igual de rápida en cualquier medio?
No, en el vacío viaja a su máxima velocidad, pero cuando viaja por otros medios como el aire, viaja más lenta porque estos medios la frenan.

¿Hay algo más rápido que la luz en el vacío? ¿Y más rápido que la luz en otros medios como el aire?
No, no hay nada en el Universo que viaje más rápido que la luz en el vacío. Sí, en otros medios, como la luz se ralentiza, hay partículas muy veloces que pueden ir más rápido.

¿Puedes explicar cómo observan Ted y sus amigos los rayos gamma que llegan del espacio? ¿Qué es la luz Cherenkov?
Cuando un rayo gamma llega del espacio choca con la atmósfera terrestre y produce partículas superrápidas. Como estas partículas son superrápidas, se mueven más rápido que la luz en el aire (que no en el vacío, ¡eso es imposible!), produciendo una luz azulada llamada luz Cherenkov (esta luz se mueve en forma de V alrededor de la partícula, como una onda de choque). Esa luz Cherenkov es la que capturan los telescopios Ted y sus amigos (*Nota para educadores*: otro ejemplo de medio en el cual la luz se ralentiza y las partículas pueden emitir luz Cherenkov es el agua).

Entonces, ¿Ted y sus amigos sacan fotos de los rayos gamma directamente?
No, sacan fotos de la luz Cherenkov que se produce como consecuencia de los rayos gamma chocando con la atmósfera terrestre (*Nota para los educadores*: estudiando las fotos de la luz Cherenkov, los científicos obtienen información del rayo gamma que la produjo, así como de la fuente cósmica desde donde proviene el propio rayo gamma. Los telescopios Cherenkov estudian por lo tanto rayos gamma de manera indirecta. Vídeo explicativo).

EPISODIO 3: "CTA: La vida de una estrella"

¿Son todas las estrellas del Universo iguales?

No, las hay de muchos tipos diferentes, grandes, pequeñas, más calientes, menos calientes y, además, van evolucionando, como nos pasa a nosotros a medida que nos hacemos mayores.

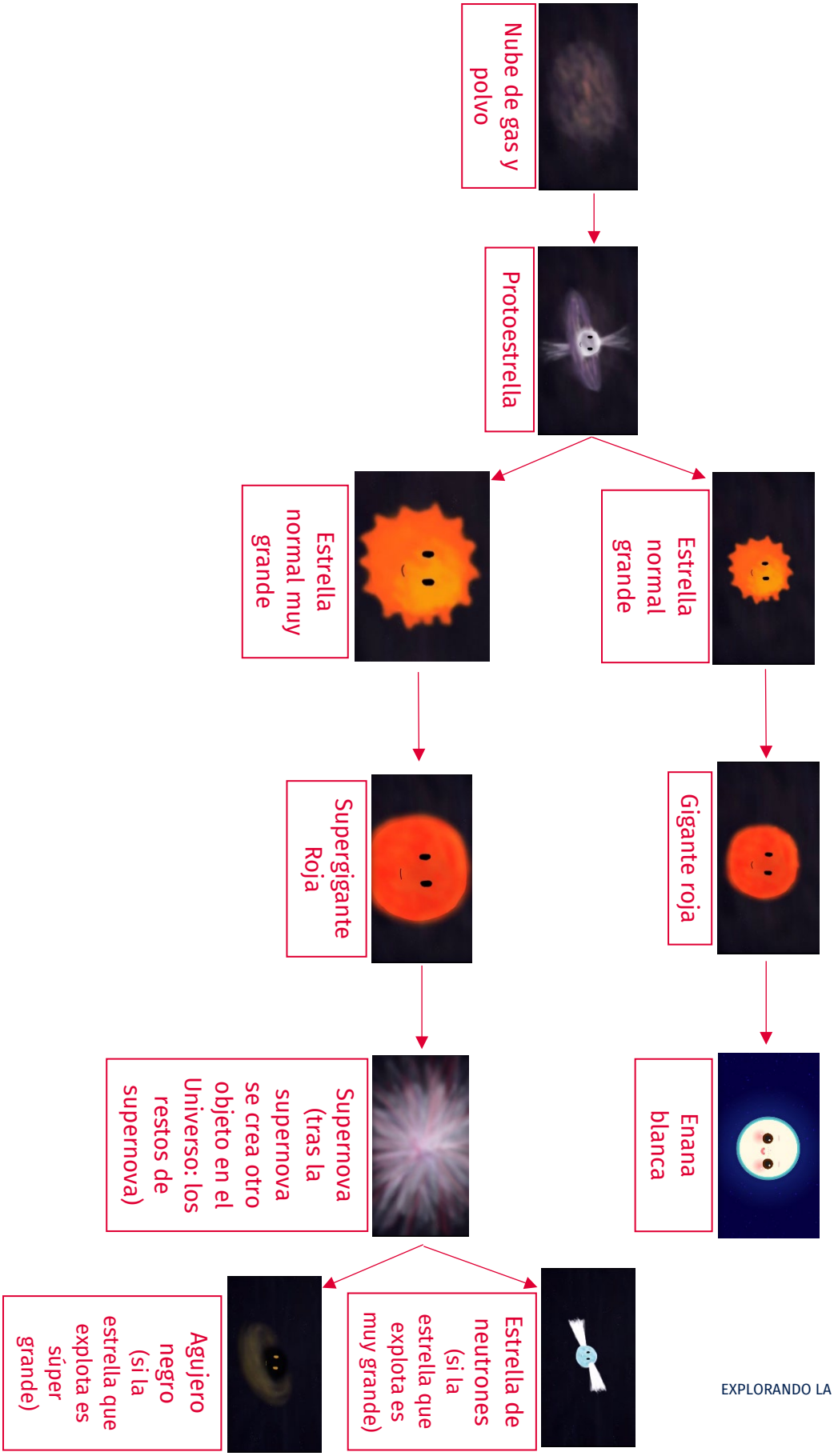
¿Cómo es la vida de una estrella?

Nace de una nube de gas y polvo, que se junta para formar una estrella bebé llamada protoestrella. Esta estrella empieza a crecer hasta llegar a ser una estrella normal en donde pasa la mayor parte de su vida. Si es una estrella grande pasa a convertirse en una gigante roja y si es muy grande se convertirá en una supergigante roja. Tras un tiempo, las gigantes rojas terminan su vida como enanas blancas. Sin embargo, las supergigantes rojas, estrellas realmente grandes, tienen finales mucho más espectaculares: mueren en una gran explosión cósmica llamada supernova, donde la estrella lanza al espacio casi toda su materia en tan solo unos segundos a una velocidad de miles de km/s. El material eyectado al espacio crea otro objeto astronómico llamado "restos de supernova". No todo el material de la estrella inicial se lanza al espacio: su núcleo se queda ahí en forma de un nuevo tipo de estrella (estrella de neutrones) o en forma de agujero negro (*Nota para los educadores*: cuando una nube de gas y polvo colapsa sobre sí misma crea una protoestrella, como hemos visto. Si esta tiene la suficiente masa y temperatura, podrá desencadenar fusiones nucleares en su núcleo, de donde proviene su energía – fusionará, por ejemplo, hidrógeno para formar helio. Sin embargo, hay protoestrellas que no consiguen la suficiente masa para iniciar esa fusión nuclear y quedan como "estrellas fallidas", como es el caso de las enanas marrones. Por eso aquí hablamos después directamente de estrellas grandes y estrellas muy grandes).

¿Qué tipo de estrella es nuestro Sol?

Nuestro Sol ahora mismo es una estrella normal que se convertirá en gigante roja. Eso quiere decir que terminará su vida como una enana blanca (*Nota para educadores*: Cuando el Sol se convierta en gigante roja, crecerá tanto que sus capas externas consumirán los planetas Mercurio y Venus. Si nuestro planeta será engullido o no, es todavía objeto de debate, aunque teniendo en cuenta la gran proximidad, la vida tal y como la conocemos no será posible. Oh, no, ¿vamos a ver cómo sucede eso? Puedes jugar a las adivinanzas con los estudiantes y preguntarles cuándo creen que el Sol se convertirá en una gigante roja. Se quedarán asombrados, y aliviados, al saber que todavía quedan 5000 millones de años antes de que el Sol inicie la transición a su nueva fase evolutiva).

Dibuja las diferentes fases de la vida de una estrella, desde sus inicios como una nube de gas y polvo hasta su estado final como una enana blanca, estrella de neutrones o agujero negro.



EPISODIO 4: "CTA: Estrellas explosivas"

¿Qué son los restos de supernova?
Los restos de supernova son el material estelar lanzado al espacio cuando una estrella muy grande explota en una supernova, produciendo frentes de choque a su paso (*Nota para los educadores*: los frentes de choque se producen cuando el material expulsado interactúa con el medio interestelar).

¿Qué colores emiten los restos de supernova?
Todos los colores, los que podemos ver (luz visible) y los que no podemos ver (incluyendo rayos gamma).

¿Por qué son tan importantes los restos de las supernovas y las supernovas?
Las supernovas son explosiones cósmicas extremadamente energéticas que consiguen combinar metales muy pesados, como el hierro o el uranio, que viajan como restos de supernova a través del espacio permitiendo que existan en todo el Universo, incluyendo la Tierra. Además, en los frentes de choque producidos por los restos de supernova, las partículas se pueden acelerar hasta velocidades altísimas.

¿Qué son los rayos cósmicos?
Los rayos cósmicos partículas muy rápidas que provienen de fuentes muy energéticas del espacio.

¿Dónde se pueden producir los rayos cósmicos? ¿Alcanzan velocidades altas?
Se producen en objetos del espacio, como los restos de supernova. Allí se aceleran a velocidades altísimas, mucho más altas que en cualquier acelerador de partículas creado por el ser humano aquí en la Tierra (*Nota para los educadores*: los aceleradores de partículas son máquinas creadas por el ser humano que usan campos eléctricos y magnéticos para acelerar chorros de partículas y hacer que estos colisionen entre ellos para poder estudiar sus interacciones e incluso llegar a descubrir partículas nuevas. Los aceleradores que alcanzan las energías más altas tienen forma de aro. Actualmente, el acelerador de partículas más potente del mundo es el Gran Colisionador de Hadrones -*LHC, del inglés Large Hadron Collider*- del CERN, mencionado en el vídeo, que está localizado bajo tierra en Ginebra, Suiza.)

¿Por qué son interesantes los rayos cósmicos?
Porque están relacionados con la evolución de las estrellas.

¿Se conoce a la perfección estos rayos cósmicos?
No, todavía no sabemos bien de dónde vienen (*Nota para los educadores*: estamos investigando cuáles son los objetos del Universo que los producen y los aceleran a diferentes energías. Los restos de supernova son solo uno de los tipos de fuente que pueden producirlos) y qué hacen en el espacio (*Nota para los educadores*: es decir, cómo afectan los rayos cósmicos a su entorno, como por ejemplo, a la evolución de las galaxias).

¿Cómo ayudará CTA a entender el misterio de los rayos cósmicos?
CTA estudiará rayos cósmicos a través de los rayos gamma, averiguando así cómo se aceleran estas partículas a energías tan altas y cómo afectan a su entorno (*Nota para los educadores*: los rayos cósmicos emiten rayos gamma en su interacción dentro de las fuentes cósmicas más extremas. Estudiando los rayos gamma, se obtiene información de los rayos cósmicos que los produjeron).

EPISODIO 5: "CTA: Agujeros negros"

¿Qué son los agujeros negros?
Los agujeros negros son los remanentes que quedan después de que una estrella muy grande explote en una supernova. La supernova deja el núcleo de la estrella grande atrás, que colapsa sobre sí mismo debido a la fuerza de la gravedad, formando el agujero negro.

¿Qué es la fuerza de gravedad?
Es la fuerza que hace que las cosas se atraigan (como la Tierra nos atrae a nosotros hacia el suelo).

¿El agujero negro tiene masa?
¡Por supuesto! El agujero negro es el resultado de que el núcleo de la estrella que explotó se aplaste en un punto. Así que hay una gran masa, pero concentrada en un punto muy pequeño.

¿Por qué se le llama agujero negro y no, por ejemplo, agujero azul?
Porque al ser una masa concentrada en un punto muy pequeño su fuerza de gravedad se vuelve enorme, de manera que nada puede escapar de ella, ni siquiera la luz. Por eso lo llamamos agujero negro (no emite luz).

Pero si es negro y no emite luz directamente, ¿cómo lo podemos ver?
Porque podemos ver las estrellas y planetas moviéndose alrededor de un sitio negro, como si estuviesen atraídos por algo. Por eso sabemos que ahí tiene que haber un agujero negro (*Nota para los educadores*: en el vídeo se indica que los agujeros negros son fuentes muy brillantes de rayos gamma. Se utiliza para explicar que son fuentes muy interesantes para CTA y para la astronomía de rayos gamma, pero realmente los rayos gamma vienen de la vecindad de los agujeros negros, por ejemplo, de los chorros de partículas que se mencionan después, pero nunca de dentro de los propios agujeros negros).

¿Nuestro Sol se va a convertir en un agujero negro? (Pregunta extra: ¿En qué se va a convertir?)
No, no se va a convertir en un agujero negro porque no es lo suficientemente grande como para morir en una explosión de supernova. En otro episodio hemos visto que se convertirá al final de su vida (tras pasar por la etapa de gigante roja) en una enana blanca.

¿Qué son los agujeros negros supermasivos y dónde se encuentran?
Son agujeros negros que tiene una masa millones de veces más grande que la de nuestro Sol y se cree que puede haber un agujero negro supermasivo en el centro de cada galaxia, incluyendo la nuestra (la Vía Láctea).

¿Cómo afectan esos agujeros negros supermasivos al resto de estrellas, planetas y objetos de la galaxia?
Como tienen tanta fuerza de gravedad, todos los objetos, como estrellas y planetas, orbitan a su alrededor. Algunas galaxias tienen agujeros negros supermasivos que tragan tantas estrellas y objetos que emiten chorros de partículas a velocidades altísimas desde donde se producen rayos gamma.

¿Cómo se llaman los centros de las galaxias que emiten chorros de partículas a gran velocidad?
Núcleos Activos de Galaxias.

¿Por qué Ted quiere observar esos Núcleos Activos de Galaxias?
Para aprender más sobre agujeros negros y saber cómo emiten rayos gamma y aceleran partículas.

EPISODIO 6: "CTA: Estrellas giratorias"

Habíamos visto que, si una estrella es muy grande justo antes de que explote, después de la supernova dejaba atrás un agujero negro. Pero ¿en qué otro objeto puede convertirse? ¿Cuándo sucede esto?

Se puede convertir en una estrella de neutrones y pasa cuando la estrella es grande, pero no tanto como para convertirse en un agujero negro, es decir cuando es entre 8 a 20 veces más masiva que nuestro Sol (*Nota para los educadores*: las estrellas que se convierten en agujeros negros tras la supernova son aquellas que inicialmente tenían masas aproximadamente entre 20 y 40 veces la masa de nuestro Sol).

¿Sabrías decir tres características de las estrellas de neutrones?

1. Son muy densas: tienen mucha masa (*Nota para los educadores*: la masa de una estrella de neutrones puede alcanzar hasta tres veces la masa de nuestro Sol) en un espacio muy pequeño, pues solo tienen un diámetro de 20 km. Lo comparamos con la Tierra, cuyo diámetro es de 12742 km o con el del Sol de 1391 millones de km (1.391.000.000 km).

   Ejercicio propuesto: Calculamos la proporción (ratio) entre el tamaño de una estrella de neutrones y la Tierra y las dibujamos en un papel o en una pizarra, para poder comparar así los diferentes tamaños a una escala razonable para nosotros. Comenzamos realizando un punto de aproximadamente 1 mm de diámetro simulando nuestra estrella de neutrones (d_n) – les sugeriremos a los/las estudiantes una escala así de pequeña para poder dibujar más tarde la Tierra (quienes opten por diámetros más grandes se encontrarán con la imposibilidad de terminar su dibujo[1]). Dejamos que el alumnado razone por sí mismo que, teniendo el diámetro de la estrella de neutrones en la nueva escala (d_n), para obtener el diámetro de Tierra en dicha escala (d_T) necesitamos conocer el ratio (proporción) de los dos objetos en la realidad. Esto se puede obtener dividiendo el diámetro real de la Tierra por el diámetro real de la estrella de neutrones[2]:

   Ratio = d_{T_Real} / d_{n_Real}

   Ratio = 12742 km / 20 km

   Ratio = 637.1

   Con este ratio podemos obtener directamente el diámetro de la Tierra en nuestra nueva escala (d_T), de manera que podamos dibujarla y compararla con la estrella de neutrones de 1 mm de diámetro:

   $d_T = d_n \times$ Ratio

   d_T = 1 mm × 637.1

   d_T = 637.1 mm = 63.7 cm

   ¡Qué diferencia! En nuestro dibujo, la estrella de neutrones apenas tiene un diámetro de 1 mm mientras que la Tierra tiene un diámetro de casi 64 cm.

[1] El ejercicio se puede terminar, en ese caso, al aire libre simulando la distancia con pasos (1 paso ~ 1 metro).

[2] Los estudiantes deben prestar atención a las unidades. Puedes intentar darles las unidades de un diámetro en kilómetros y otro en metros para que trabajen también conversión de unidades y vean lo importante que es que estas coincidan en una ecuación.

¿Puedes darte cuenta ahora mejor de la gran diferencia de tamaño que existe entre ellos en la vida real gracias a esta comparación a menor escala?

Algunos estudiantes no verán la relación de proporción directamente, pero pueden aplicar simplemente una regla de tres entre la escala real y la ficticia:

Escala real *Escala ficticia*
d_{n_Real} = 20 km ------- d_n = 1 mm
d_{T_Real} = 12742 km ---- d_T = X

X = (1 mm / 12742 km) × 20 km ⟶ Equivalente al ratio de arriba. Deben, en cualquier caso, tener cuidado con las unidades.

Los ratios nos ayudan a cambiar de escala. Si el primer círculo que hubiésemos hecho hubiese sido el de la Tierra y quisiésemos saber cómo sería la estrella de neutrones en esa nueva escala, ¿por qué número deberíamos haber tenido que multiplicar?

2. Giran muy rápido: la estrella que explotó ya estaba girando y las leyes de la física dicen que el giro no se detiene después de la explosión (*Nota para los educadores*: esto es la Conservación del Momento Angular). Sin embargo, sabemos que la estrella que explotó era grande y la estrella de neutrones resultante es pequeña, con lo que esta debe girar más rápido. ¿Por qué? En el vídeo, Ted lo explica dando el ejemplo de una patinadora que extiende sus brazos y gira despacio, los encoge y gira más rápido (*Nota para los educadores*: las estrellas de neutrones tienen periodos de rotación de entre 10 segundos hasta solo 1 milisegundo).

3. Al girar, las estrellas de neutrones aceleran partículas que emiten chorros/rayos de luz que podemos ver cuando pasan por nuestro campo de visión (como un faro). Por eso las vemos como si parpadeasen. A esas estrellas de neutrones las llamamos púlsares.

¿Qué son los púlsares? ¿Giran toda su vida a la misma velocidad?
Los púlsares son estrellas de neutrones que emiten rayos (chorros) de luz y que podemos ver cuando estos rayos de luz cruzan nuestro campo de visión, como haría un faro. No giran toda su vida a velocidad constante. En realidad, se deceleran poco a poco porque parte de la energía que usan para girar la utilizan en acelerar partículas a energías muy altas.

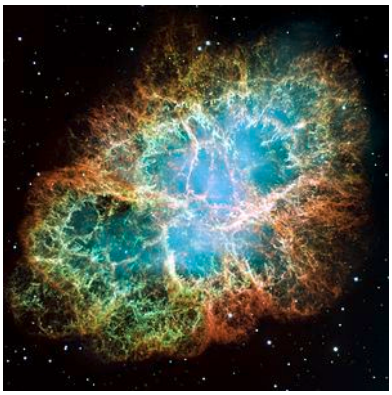
¿Verdadero o Falso? "Todas las partículas que producen los púlsares se quedan siempre girando alrededor de la estrella".
Falso. Solo las más cercanas giran alrededor del púlsar. Las más lejanas, para poder recorrer la misma distancia, tendrían que viajar a más velocidad que la luz y como eso es imposible acaban marchándose de la vecindad de la estrella.

¿Cómo se llama la zona alrededor del púlsar en la cual las partículas todavía giran con la estrella? ¿Y cómo se llama el conjunto de partículas que abandonan la estrella?
La región es cilindro de luz y las partículas que se marchan (porque no pueden viajar a más velocidad que la luz) es el viento de púlsar.

¿Por qué es importante el viento de púlsar?
Porque choca con el material de alrededor (*Nota para los educadores*: material interestelar) creando frentes de choque donde se aceleran partículas. Ahí se forma un objeto astronómico nuevo: la nebulosa de viento de púlsar.

¿Podrías decir el nombre de una nebulosa de viento de púlsar?
La Nebulosa del Cangrejo.

Dibuja la Nebulosa del Cangrejo. Puedes hacer un dibujo siguiendo la imagen real de la nebulosa o hacer una caricatura basándote en su nombre. ¿Por qué crees que le dicen Nebulosa del Cangrejo?



¿Por qué quiere Ted mirar objetos como las nebulosas de viento de púlsar?
Para cazar los rayos gamma que vienen de estas nebulosas y entender, por ejemplo, qué sucede con las partículas dentro de ellas. Además Ted y sus amigos de CTA serán capaces de ver más nebulosas de viento de púlsar que antes con lo que podrán entender cómo evolucionan y cómo afectan a su entorno.

Con todo lo que has visto a lo largo de la serie, ¿puedes decir algunos de los objetos que observan Ted y sus amigos de CTA para cazar rayos gamma?
Restos de supernova, agujeros negros (núcleos activos de galaxias), estrellas de neutrones (púlsares) y nebulosas de viento de púlsar.

EPISODIO 7: "CTA: ¿Dónde viven los telescopios?"

¿Por qué Ted y sus amigos de CTA miran el cielo desde La Palma y Chile?
Porque para sacar las mejores fotos del cielo nocturno es muy importante colocar los telescopios en los lugares con las mejores condiciones.

¿Y cuáles son las mejores condiciones para las observaciones nocturnas? Escoge las condiciones correctas de la siguiente lista (marcadas en azul claro).

- Que el cielo esté siempre nublado, el gris queda bien en las fotos.
- Que truene todo el tiempo, se usa como flash en las fotos.
- **Que el cielo esté despejado, para ver bien las estrellas.**
- Que llueva habitualmente, porque chapotear es divertido.
- **Que los telescopios estén en sitios con poca luz lejos de las ciudades, así no habrá contaminación lumínica y veremos las estrellas perfectamente.**
- **Que no llueva casi nunca, para que no afecte a los telescopios y poder trabajar todo el tiempo.**
- Que haga muchísimo viento, para estar fresquitos.
- Que los telescopios se coloquen en medio de las ciudades, para ver los edificios de cerca.
- **Que no haga viento, para que no se tambaleen los telescopios y sacar buenas fotos.**

Recuerda que puedes encontrar más información en nuestra página web, así como más material educativo y programas de charlas en la Sección "CTA for Educators", incluyendo más definiciones en el Diccionario del Universo Extremo