

BALAS DE KRYPTONITA

¿QUÉ TAN CERCA ESTAMOS DE CONSEGUIR KRYPTONITA? LO QUE ENVÍO A SUPERMAN AL HOSPITAL Y A BLOODSPORT A LA CÁRCEL. PARA DESPUÉS SER MIEMBRO DE SUICIDE SQUAD.



• **Juan Francisco Fuentealba**
Doctor en Ciencias con mención en
física, Ingeniero físico

• **Alejandro Riveros**
Doctor en Ciencias con mención en Física

• **Juan Luis Palma**
Doctor en Ciencias con mención en
física, Ingeniero físico



A pocos días del estreno de la nueva película de superhéroes El escuadrón suicida (The Suicide Squad), o mejor dicho de supervillanos, estamos alucinando con los nuevos personajes que nos ofrece este film y que nos mostrará una saga fuera de lo común, la cual reúne a los supervillanos de Detective Comics (DC). Esto es algo poco usual, que se sale de los márgenes generales de las historietas para crear historias más complejas, tan complejas y divertidas como en la saga Injustice. Es tan emocionante como haber visto a los superhéroes reunidos para derrotar a Thanos en el Universo Marvel (MCU). Para los que no están muy familiarizados con esta saga de The Suicide Squad, podemos comenzar explicando cómo se origina el Escuadrón Suicida. Después de la muerte de Superman, la oficial de inteligencia Amanda Weller, convence al gobierno de los Estados Unidos de generar el proyecto "Task Force X", el cual es un equipo de supervillanos. Este equipo se utilizará para combatir a los metahumanos que pongan en peligro la paz de la Tierra. La forma de asegurarse de que estos supervillanos no cometan fechorías al dejarlos libres, es implantando en su cuello bombas de "nanite", que son nano-bombas que se pueden detonar en cualquier momento, y así asegurarse de que ellos cumplan su parte del trato. Entre los personajes que componen Suicide Squad, nos encontramos a los archiconocidos: The Joker, Deadshot, Harley Quinn, Killer Croc, entre otros... (¡No se ofendan fanáticos si es que no los nombramos a todos!). Para esta segunda saga de The Suicide Squad, se reclutaron nuevos miembros, donde no podemos dejar de nombrar al llamativo King Shark, interpretado por Sylvester Stallone. Pero nuestro relato de hoy, se relaciona con otro personaje, un personaje que también ha sido reclutado para este segundo equipo y nos referimos a Bloodsport. Pero ... ¿Por qué enfocarnos en Bloodsport?, ¿Qué tiene de llamativo y qué lo hace tan especial?

Bloodsport es un mercenario, que tiene un traje con tecnologías avanzadas y armas que sólo él puede utilizar, debido a que tiene un teletransportador de materia para estas armas y un almacén lleno de estas armas. Esto se lo facilitó el archienemigo de Superman, Lex Luthor. Uno de los hitos más importantes que marcó la existencia de Bloodsport en el mundo de los cómics, es que Lex Luthor le diseñó un arma que puede disparar esquivas de Kryptonita, las cuales pueden herir a cualquier ser de nuestro planeta, pero en particular esta arma puede herir a alguien en especial ¿Lo adivinaron? Claro que sí, puede herir a Superman. En efecto, Bloodsport se encontraba en prisión cuando lo reclutaron para formar parte de Task Force X, debido a que había herido gravemente a Superman, por medio de un disparo con bala de Kryptonita enviándolo a cuidados intensivos en el hospital. ¡Eso sí es una locura! Bueno, lo que en esta ocasión haremos, es el ejercicio de analizar la ciencia y tecnología con la que contamos hoy en día, como para poder crear un arma que dispare balas de kryptonita. Crear un arma no pareciera la tarea más difícil en este punto, si no que claramente lo más complicado es poder conseguir la Kryptonita.

Pero ¿Qué es la Kryptonita y por qué debilita a Superman? Analizaremos un poco los antecedentes, Superman o Kal-El es oriundo del planeta Krypton, planeta en el que habitaba una avanzada civilización, y que en algún momento de su historia desapareció debido a un colapso de los elementos radiactivos que componían su núcleo. Pocas semanas antes de la explosión del planeta Krypton, ocurren algunos eventos importantes para la historia de Kal-El, el primero es que su padre Jor-El, uno de los científicos de Krypton, prevenido de la destrucción del planeta envía a su único hijo en una cápsula hacia la Tierra, salvándolo del fatídico destino de su civilización, lo segundo es la formación de la Kryptonita generada por la fusión de algunos elementos en el núcleo de Krypton debido a la enorme presión interna antes de que el planeta explotara. En algunos cómics de Superman, incluyendo citas a las crónicas de Jor-El, hay referencias que indican que ya se estaba generando Kryptonita en el planeta algunos meses antes de la explosión. La Kryptonita es un compuesto radiactivo de color verde (aunque en realidad existen muchas variaciones de color de este compuesto, la verde solo es la más común), cuya exposición en un kryptoniano genera debilidad inmediata y dolor físico. Una exposición prolongada podría incluso provocarle la muerte. Según el canon comiquero la Kryptonita, interrumpe la absorción celular de la radiación de las estrellas (en el caso de Superman, el Sol), propia de los kryptonianos. En un principio, se pensó que la Kryptonita solo afectaba a los nativos del planeta Krypton, pero actualmente se sabe que también tiene efectos en los humanos que se exponen durante largos intervalos de tiempo a este elemento. En Action Comics Nro 600, se relata como Lex Luthor desarrolla un cáncer debido a su prolongada exposición a la Kryptonita. En términos culturales la Kryptonita representa el clásico talón de Aquiles del héroe y para el hombre de acero es el único aspecto con el que puede ser vulnerado.

Por lo tanto para conseguir la Kryptonita tenemos dos posibilidades: la primera es viajar a Krypton (el planeta natal de Kal-EL, Superman), y la segunda es intentar sintetizarla. Hasta ahora, la humanidad solo ha llegado a la Luna, y hemos puesto las sondas más sofisticadas en Marte. Incluso, próximamente lo haremos en Venus y no se ve nada en el camino que lo impida. Y aunque los esfuerzos de Elon Musk, y su programa Space X, den resultados, necesitamos mucho más que eso para poder hacer un viaje a través del espacio-tiempo para "llegar al ficticio planeta Krypton y traer Kryptonita antes de que explote el planeta". Como esta primera opción suena totalmente descabellada, entonces, mejor intentemos hacer el ejercicio de qué tan cerca estamos de sintetizarla.

Saliendo un poco de lo ficticio, el kriptón es un elemento de la tabla periódica, que se simboliza



como Kr. Hagamos hincapié, en que el elemento real de la tabla periódica es el "kriptón" y el planeta de Superman es "Krypton", noten la diferencia de como se escribe. Su nombre proviene de la palabra griega Kryptos, que significa "el que está oculto". Aquí podemos desprender que desde esta palabra viene la palabra "encriptado", término que les encanta utilizar a los informáticos. El hecho de que se relacione este elemento con algo oculto, tiene que ver con sus propiedades químico-físicas: ya que es incoloro, inoloro, e insaboro. El kriptón, es un gas noble, por ende se encuentra en la última columna de la derecha de la tabla periódica, columna encabezada por el helio (sustancia de la que se compone nuestro Sol, por fisión produce calor y energía para transformarse en carbono), lo sigue el neón, el argón (que utilizamos mucho en los laboratorios), y luego, nuestro objeto de análisis: el kriptón. Estos elementos, son gases nobles, y que interactúan muy poco con otros gases. Es por esto que es difícil formar materiales con ellos. El kriptón fue descubierto en 1898 por William Ramsay, un químico escocés y por Morris Travers, un químico inglés. El procedimiento que utilizaron, fue evaporar aire líquido. Sí, aire líquido ¿Imaginas respirar líquido? Puedes ver la película "El Secreto del Abismo" si te interesa este tema. Estos científicos, incluso descubrieron el neón, unas semanas después, utilizando el mismo procedimiento de evaporación de aire líquido.

Antes de 1850, se conocían 58 elementos químicos. Entre 1850 y 1899, se descubrieron 26 elementos químicos, gracias a las técnicas de espectroscopía. Luego entre 1900-1949 se descubrieron 13 elementos gracias a la mecánica cuántica. Luego, entre 1950-2000, se descubrieron 17 elementos, postnucleares. Y desde ahí al presente, se han descubierto cuatro elementos por fusión nuclear.

Creemos que es importante saber el año de descubrimiento de los elementos, ya que los creadores de Superman, Jerry Siegel y Jose Shuster, al crear la debilidad de este superhéroe, eligieron una piedra formada de un elemento místico, la Kryptonita. Y siendo sinceros, si lo pensamos bien, hasta esa fecha (que es 1941) lo más místico era este elemento oculto: el kriptón.

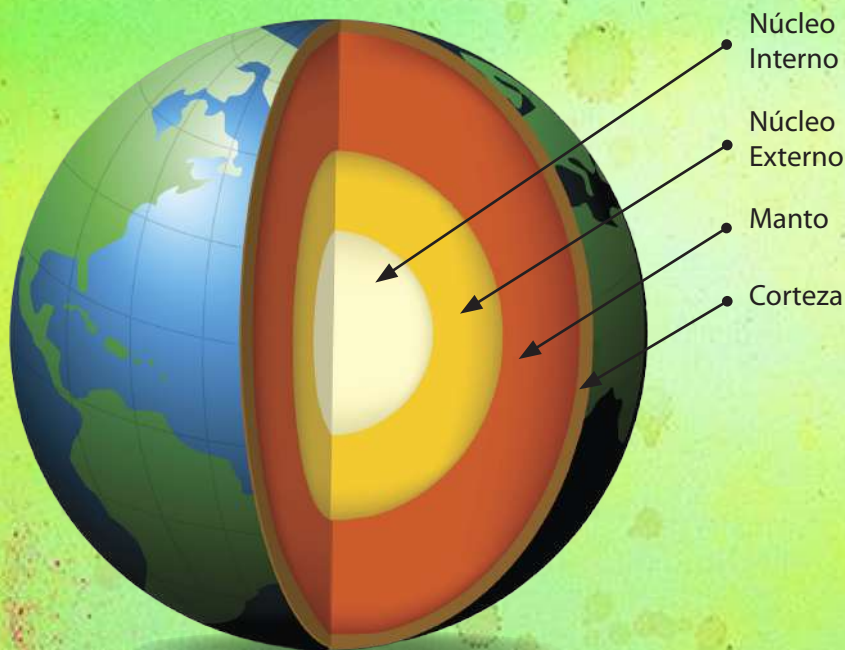
Aunque el kriptón sea un elemento difícil de detectar por sus propiedades físico-químicas, existe abundantemente en la Tierra pero solo se encuentra en fase gaseosa, por lo que Superman no tendría ningún problema con este elemento en nuestro planeta, recordemos que a él le afecta la Kryptonita y no el kriptón. Aún más, aunque en su fase gaseosa el

kriptón pueda reaccionar con el flúor volviéndose altamente inestable hasta explotar, claramente esta explosión ¡No le causaría ningún problema a Superman!, ya que su único punto débil corresponde al kriptón unido al nitrógeno en fase cristalina, Kryptonita, ese famoso cristal verde que inquieta fuertemente a nuestro superhéroe.

Sintetizar materiales, no es tarea fácil. Sin embargo, un grupo de científicos polacos, han dado una receta teórica para poder sintetizar óxido de kriptón [1]. ¡Wow!, estamos cerca de crear un cristal perfecto de Kryptonita, pero hasta ahora tenemos la receta para crear un óxido de kriptón, es decir un kriptóxido. Una forma de generar óxidos es por medio de deposición química de materiales; una de ellas, la más precisa, se le conoce como deposición de capas atómicas (Atomic Layer Deposition), máquina que tiene el centro cedenna.cl y con la que producimos materiales en la UCEN, y es la única en latinoamérica. Esta técnica, va depositando elementos por medio de capas que tienen el espesor de un átomo, son como "sábanas atómicas". Estas reaccionan con otras capas atómicas, y van formando un material ¿Puedes imaginarlo? Por lo general, este tipo de técnica solo nos permite formar óxidos de materiales como: óxido de hierro (Fe_2O_3), óxido de cobalto (CoO), óxido de Titanio (TiO), incluso el famoso óxido con el que fabrican todos los plateados (y ahora coloridos) productos de la compañía Apple: el óxido de aluminio, la alúmina (Al_2O_3), aunque ellos lo obtienen por anodización, una técnica electroquímica. La creación de estos óxidos, no necesitan mayores presiones, pero no es el caso del kriptóxido. Este material necesita de muy altas presiones para sintetizarse.

Sin embargo, en el interior de los planetas existen muy altas presiones y muy altas temperaturas, entonces podrían existir las condiciones para que los gases nobles más pesados, como el kriptón, se puedan unir a otros elementos, como el oxígeno, en fase cristalina. Esto se debe a que las altas presiones generan disminución de volumen del compuesto, y esto genera procesos termodinámicos permitiendo la reacción de los gases nobles como lo indica el Principio de Le Châtelier [2]. Precisamente, esto motivó al grupo de científicos polacos a analizar si se pudiera crear una reacción estable del kriptón con otro elemento en fase cristalina a muy altas presiones, presiones similares a las que existen en el interior de los planetas. Sorprendentemente, sus simulaciones computacionales para los procesos de reacción del kriptón arrojaron mediante el cálculo de la entalpía de formación que a presiones entre 3 a 5 millones de veces la presión atmosférica, el kriptón podría formar enlaces con el oxígeno en una fase cristalina [1]. Más aún, este tipo de enlace (reacción) del kriptón con el oxígeno sería muy similar al enlace covalente entre el hidrógeno y oxígeno en la formación de la molécula de agua y sería estable.

Tratemos de imaginar qué tan grandes son estas presiones. Recordemos que la presión atmosférica es la presión que ejerce el aire sobre los cuerpos a nivel del mar, entonces si estamos en la playa nuestro cuerpo "siente" la presión atmosférica. Por otro lado, es sabido que la presión varía con la altura; en efecto a mayor altura (sobre el nivel del mar) la presión disminuye, por otro lado, a mayor profundidad (alturas por debajo del nivel del mar) la presión aumenta. Por lo tanto, para poder tratar de conseguir presiones tan altas como las requeridas para la



formación de kriptóxido podríamos sumergirnos en las profundidades del mar. Sin embargo, si midieramos la presión en el fondo del mar, esto es, en la Fosa de las Marianas, lugar más profundo de la corteza terrestre, ubicada aproximadamente a 11000 metros bajo el nivel del mar, obtendremos una presión cercana a 1000 veces la presión atmosférica. Esta presión es muy peligrosa para nosotros, pero no es lo suficientemente alta para generar kriptóxido. Por lo tanto, aún en el lugar más profundo de la corteza terrestre no existiría la presión suficiente para lograr la reacción del kriptón con el oxígeno en forma natural. ¡Se requeriría al menos 3000 veces la presión en el fondo del mar para lograrlo! Sólo a profundidades cercanas al núcleo externo en el interior de la Tierra se podría alcanzar la presión suficiente para lograr la reacción del kriptón con el oxígeno. Sin embargo, a tales profundidades no existe el oxígeno por lo que Superman puede leer este artículo sin mayor nerviosismo.

Si bien no existen las condiciones naturales para lograr la reacción del kriptón con el oxígeno, la pregunta natural es si se pueden dar esas condiciones de presiones tan altas en un laboratorio para poder sintetizar el óxido de kriptón en fase cristalina en forma artificial. La respuesta es; sí, se pueden producir presiones y temperaturas tan altas como las presiones y temperaturas del interior de la Tierra, de hecho, gracias a estas técnicas se ha logrado entender cómo afectan estas condiciones extremas a un metal o mineral determinado [3]. En efecto, usando las celdas de yunque de diamante (DACs por su sigla en inglés Diamond Anvil Cells) se pueden comprimir muestras muy pequeñas (de volumen aproximadamente 100.000 veces más pequeño que un cubo de apenas 1 mm cada lado) entre las puntas de dos diamantes enfrentados, alcanzando presiones sobre los 2,5 millones de veces la presión atmosférica mientras se comprime la muestra. Todo esto sin que se quiebren las puntas de diamante

gracias a la gran dureza del diamante. Entonces ... ¿Será este el camino para la producción de monóxido de kriptón estable?, al menos en un tamaño muy pequeño, además ¿Qué propiedades y color tendría este monóxido cristalino? ¿Sería el primer paso hacia la tan temida "Kryptonita" por parte de Superman? Si es así, pensándolo bien, Superman sí debería preocuparse, esperemos que ¡Bloodsport no se entere de este artículo!, y que su archienemigo y científico, Lex Luthor, ¡No busque colaboraciones con este equipo de científicos!.

Referencias

- [1] P. Z.-Egjierd, P. M. Lata "Krypton oxides under pressure", Scientific Reports 6, 18938 (2016).
- [2] C. Sanloup, "Noble Gas Reactivity in Planetary Interiors", Frontier in Physics 8, 157 (2020).
- [3] D. Santamaría-Pérez, "Experimentos a alta presión y alta temperatura: Ventanas al universo" Física de la Tierra Vol. 23 (1), 11 (2011).

