

Método de identificación de meteoritos

EC

Estudio de Caso

Revista El Astrolabio
Edición No. 19-1 Enero a junio 2020



La presente investigación es producto de la investigación de grado presentada por Juan José Uribe (Promoción 2019). Como miembro del grupo de Jóvenes investigadores del Centro de estudios Astrofísicos publicó en el año 2017 en El Astrolabio, el artículo titulado "Evolución del ciclo solar No 24 durante los años 2014 y 2015". En la actualidad, Juan José estudia Engineering Physics y Computer Science en Loyola Marymount University.

ESTANDARIZACIÓN DE UN MÉTODO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE NÍQUEL EN METEORITOS UTILIZANDO EL LABORATORIO DE UN COLEGIO

Juan José Uribe

Exalumno promoción 2019, Gimnasio Campestre

Freddy Moreno

Director Centro de Estudios Astrofísicos, Gimnasio Campestre

Correspondencia para los autores:

fmoreno@campestre.edu.co

Recibido: 28 de febrero de 2020

Aceptado: 27 de marzo de 2020



Fotografía: https://profile.freepik.com/my_downloads

RESUMEN

Se presenta un procedimiento para la identificación de níquel en meteoritos, teniendo en cuenta los reactivos que posee el laboratorio de un colegio. Para ello, se seleccionó el procedimiento desarrollado por Chitwood y Norton (2006), en el cual se utiliza la dimetilglioxima como un indicador de la presencia de níquel. Se llevaron a cabo varios ensayos con sulfato de níquel y óxido de hierro (III) para simular la composición de un meteorito y estandarizar el procedimiento en presencia de hierro. También se constató que se puede identificar hasta un 1% en peso de níquel, utilizando una solución al 1% de dimetilgloxima en alcohol isopropílico. Este procedimiento se aplicó a dos posibles meteoritos, uno de origen chino y el otro, una roca encontrada en la Guajira (Colombia); en ambos casos, el resultado fue negativo para níquel, por lo que no son meteoritos. Finalmente, se llevó a cabo una prueba a una muestra certificada del meteorito Sijoté-Alín, cuyo resultado fue positivo para níquel.

Palabras Claves: meteoritos, níquel, dimetilglioxima.

SUMMARY

The article presents a procedure used to identify nickel in meteorites by using the reactive substances commonly found in a school laboratory. To this end, the researchers selected the procedure developed by Chitwood and Norton (2006), which uses dimethylglyoxime to indicate the presence of nickel. The researchers performed several tests using nickel sulfate and iron oxide to simulate the composition of a meteorite and standardize the procedure in the presence of iron. The researchers were also able to identify up to 1% in the weight of nickel by using a 1% dimethylglyoxime solution in isopropyl alcohol. They applied the procedure to two possible meteorites, one of Chinese origin and the other, a rock found in La Guajira (Colombia); in both cases, the rocks tested negative for nickel and thus were not meteorites. Finally, the researchers performed a test on a certified sample of the Sikhote-Alin meteorite, which was positive for nickel.

Keywords: meteorites, nickel, dimethylgloxime.

INTRODUCCIÓN

El sistema solar está compuesto por varios tipos de cuerpos además del Sol, los planetas y sus lunas. Entre ellos están: i) los cometas, que son cuerpos que pueden alcanzar los cincuenta kilómetros de diámetro y están compuestos de hielos de diferentes sustancias y roca; ii) los asteroides, que tienen un tamaño que varía desde unas pocas decenas de metros hasta cerca de los quinientos kilómetros; y iii) los meteoroides, que son cuerpos que van desde unos centenares de micras hasta decenas de metros. Algunos de ellos se producen cuando un cometa pasa cerca al Sol, desboronándolos y poniéndolos en órbita alrededor del Sol (Norton, 2002).

Los meteoros, también conocidos como estrellas fugaces, representan el fenómeno visual asociado con la entrada de un meteoroides a través de nuestra atmósfera. Ingresan a una gran velocidad a la Tierra, entre 12 y 72 kilómetros por segundo dependiendo de la dirección desde donde se acercan, y sufren una fuerte desaceleración. Si son pequeños, se destruyen a unos 100 kilómetros de altura sin alcanzar a llegar a la superficie. Si el meteoroides es grande, puede llegar hasta unos 10 kilómetros sobre el nivel del mar antes de desintegrarse, se torna muy luminoso y se le co-

noce con el nombre de bólido. El modelo de un bólido es muy parecido al de un cometa, con una cabeza muy luminosa y una larga cola de polvo. Uno muy brillante puede alcanzar una magnitud de -12 (brillo de la Luna llena), y puede durar unos pocos segundos antes de explotar.

Cuando un meteoroides es lo suficientemente grande como para atravesar la atmósfera y alcanzar el suelo, recibe el nombre de meteorito. El paso por ella genera el fenómeno lumínico producido por la gran velocidad de entrada y el choque con las moléculas de la atmósfera que hace que el cuerpo alcance los 1500 °C, lo que origina que parte del material se derrita. Estos cambios de temperatura pueden causar que se fracture el cuerpo y se generen explosiones, además de la onda sónica producto del viaje supersónico. Si se asume que anualmente caen a la Tierra cerca de 35.000 toneladas de residuos meteóricos, de estos habría 45.000 meteoritos que pesan entre unos pocos gramos y 1000 kilogramos. Si se estima que 71% de la superficie de la Tierra está cubierta por agua, solo 13.000 meteoritos caerían en los 127.5 millones de kilómetros cuadrados de superficie continental. A esta rata, cerca de un meteorito debería alcanzar la superficie por cada kilómetro cuadrado cada 10.000 años. Los expertos creen que un meteorito puede durar cerca de 100.000 años antes de desintegrarse por influjo de las condiciones atmosféricas. Esto permitiría encontrar al menos 10 meteoritos por cada kilómetro cuadrado con diferente estado de meteorización (Norton, 2002).

En la actualidad existen tres técnicas principales de clasificación de meteoritos. La primera de ellas, llamada clasificación por metamorfismo de choque (o clasificación por impacto), ordena los meteoritos en seis clases con base en la energía del impacto (Söffler, Keil y Edward, 1991).

La segunda técnica depende del diferente grado de meteorización y se basa en el desgaste químico interno que tiene el meteorito. Fue introducida y desarrollada por F. Wlotzkay actualmente es aceptada por la comunidad científica (Harris y Hartman, 2002; Wlotzka, 1993).

La tercera técnica para la clasificación de meteoritos es por su composición y procedencia, y está dividida en dos subcategorías (Bischoff, 2001). En la primera están los meteoritos primitivos o no fundidos, que

no han sufrido procesos de fusión y diferenciación y mantienen los materiales originales del sistema solar. Estos meteoritos, también llamados condritas, se clasifican en subgrupos entre los cuales están: las carbonáceas (5% de carbono), las ordinarias y las enstatitas. Asimismo, las ordinarias y las enstatitas están divididas según la cantidad de hierro que poseen: tipo H, tipo L y tipo LL (alta, baja y muy baja concentración de hierro respectivamente).

Por la otra parte, se encuentran los meteoritos diferenciables o fundidos, que son el resultado de procesos de fusión de los minerales que los componen. Esta categoría se divide en tres grupos. El primero de ellos es el de las acondritas, que tienen poco metal, y su composición inicial ha sido completamente alterada por las altas temperaturas. Del mismo modo, estas se dividen en las primitivas (no han tenido diferenciación) y las esteroideas (han sufrido diferenciación). El segundo grupo, es el de los meteoritos metal-rocosos (50% metal, 50% silicatos y sulfuros). Éstos a su vez se dividen en Pallasitas y Mesosideritos según cambie la proporción metal/silicatos (Bischoff, 2001). El tercer y último grupo es el de los sideritos o meteoritos metálicos, en su mayoría compuestos de hierro-níquel (Bischoff, 2001). Lozano (2013) presenta la clasificación estructural de éstos a partir de lo establecido por Gustav Tschermak donde existen tres categorías. La primera de ellas es la de las hexaedritas, que contienen entre 4 al 6% de níquel, y se forman a partir de la fundición entre éste y el hierro a temperaturas mayores de 1400 °C, con un proceso de enfriamiento lento. La segunda de ellas es la de las octaedritas, que se caracterizan por mostrar un patrón de bandas particular, cuyo ancho es inversamente proporcional al contenido en níquel y que normalmente varía entre 6-16%. La tercera categoría es la de las Ataxias, las menos abundantes de todas y en la que no se reconocen estructuras al realizar un corte y el contenido en níquel es mayor al 16%.

Los meteoritos no metálicos pueden contener menos del 5% en peso y unos pocos pueden llegar a tener hasta el 20%. Existen varios elementos además del níquel que son afines al hierro como cobalto, platino, osmio, iridio, paladio, rutenio, rodio y tungsteno. Sin embargo, solo el hierro y el níquel tienen un porcentaje alto y se pueden identificar en un laboratorio de un colegio (Norton, 2002).

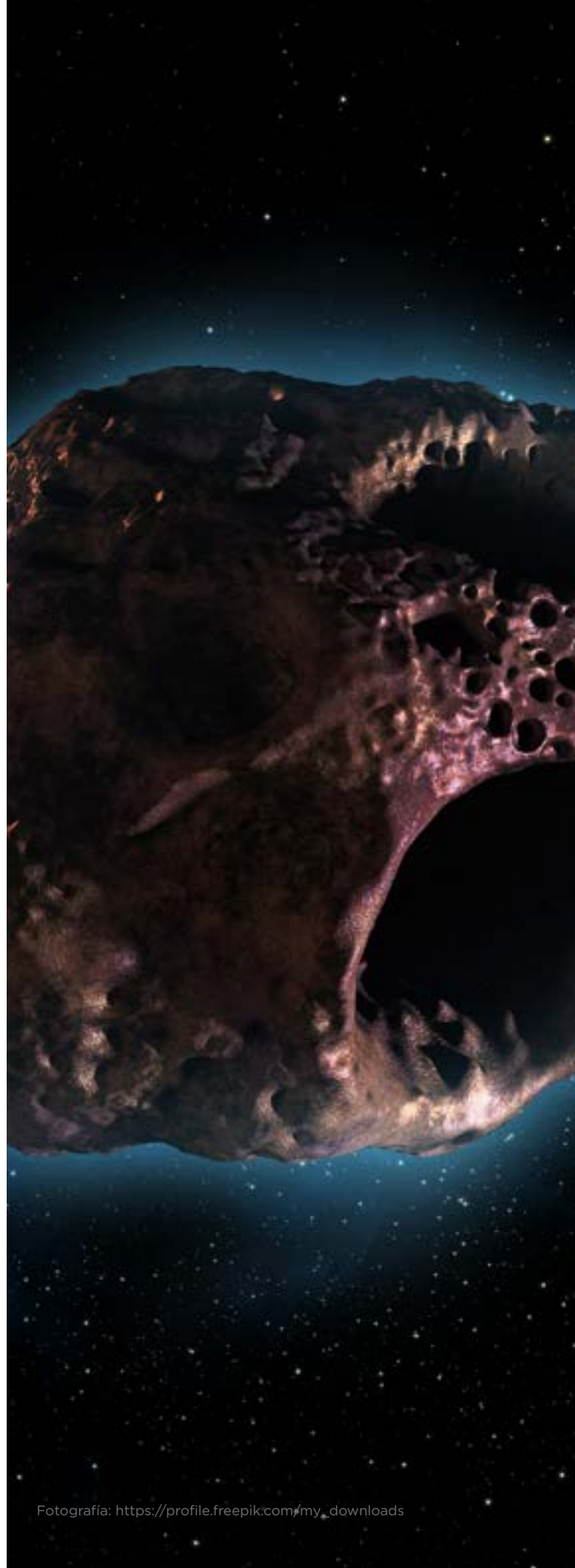
Los meteoritos pueden caer en cualquier lugar del mundo; sin embargo, en Colombia solo se han estudiado y comprobado su autenticidad en tres casos: el de Santa Rosa de Viterbo (Moreno, 2010); el de Cali, cuya caída ocurrió en 2007 y el de San Pedro de Urabá en 2017 (Meteoritical Society, 2020). Si nos comparamos con Argentina y Brasil, que tienen cada uno cerca de noventa casos estudiados y con España que tiene cuarenta, nos damos cuenta del poco desarrollo que existe en nuestro país en el campo de la meteorítica, situación que puede explicarse por las difíciles condiciones geográficas y por el costo de los análisis físicos y petrológicos que deben hacerse. A los observatorios y grupos de aficionados de astronomía llegan con alguna frecuencia, personas que aseguran tener en su poder un meteorito; desafortunadamente, en la gran mayoría de los casos, la sola apariencia externa de la roca desvirtúa su afirmación. Solo el 1% de las rocas que se encuentran sobre la superficie terrestre que muestran una apariencia oscura y que tienen propiedades magnéticas tiene probabilidad de ser un meteorito. Un análisis químico básico de la presencia de níquel nos puede ayudar a definir si su origen es extraterrestre y confirmarlo con análisis más especializados.

Puesto que no cuenta con laboratorios dotados de equipos sofisticados

“Los meteoritos pueden caer en cualquier lugar del mundo; sin embargo, en Colombia solo se han estudiado y comprobado su autenticidad en tres casos: el de Santa Rosa de Viterbo (Moreno, 2010); el de Cali, cuya caída ocurrió en 2007 y el de San Pedro de Urabá en 2017 (Meteoritical Society, 2020)”.

para la identificación de níquel, el Gimnasio Campestre requiere buscar un procedimiento económico y confiable que permita la identificación de este metal, y así el objetivo de esta investigación responde a la pregunta: ¿cuál sería el procedimiento para identificación de níquel en meteoritos utilizando los equipos y técnicas propias de un colegio?

Respecto a este objetivo se propone conocer diferentes métodos para identificar el níquel: seleccionar el compuesto químico que precipite únicamente el níquel en un entorno meteórico; elaborar un procedimiento básico para la identificación de níquel a partir de los recursos que posee el Gimnasio Campestre, y validar el procedimiento seleccionado aplicándolo a posibles meteoritos.



MARCO TEÓRICO

Caracterización del níquel.

El níquel (Ni), es un metal magnético, duro, de una coloración entre blanco y plateado, maleable y dúctil (Azo Materials, 2001; Habashi, 2013). Fue descubierto en 1751 por el sueco Alex Constedt (Lenntech, 2008).

Es un metal de transición que se encuentra en el Grupo X (VIII B) y en el cuarto periodo de la tabla periódica. Tiene el número atómico 28, un peso atómico de 58,69 g/mol, y una densidad de 8,9 g/cm³, además de cuatro niveles electrónicos y una distribución electrónica de [Ar] 4s² 3d⁸. De acuerdo con esta distribución electrónica tiene dos electrones de valencia (orbital 4s), por lo que su estado de oxidación más común es 2+. Sin embargo, también es capaz de tener estados 1+, 3+, 4+ y 1- (Lenntech, 2008).

En la naturaleza, el níquel se encuentra en los meteoritos, en aleaciones junto con el hierro en el núcleo terrestre, donde es el elemento más abundante después del hierro; también está presente en pocas cantidades en la corteza terrestre, donde se encuentra en compuestos con otros elementos (garnierita, milerita, niquelita, pentlandita y pirrotina). Sin embargo, cabe recalcar que en la superficie terrestre solamente se encuentra en estado puro en los meteoritos (Azo Materials, 2001; Lenntech, 2008).

Feigl y Anger (1982) presentan cuatro procedimientos para la identificación del níquel, dependiendo de los elementos que lo acompañen. El primero de ellos es con dimetilglioxima, en el que se produce un precipitado de color rojizo de sales de níquel insolubles en soluciones neutras de amoníaco y ácido acético. El segundo caso se utiliza cuando hay cantidades pequeñas níquel junto con exceso de agentes oxidantes como los nitratos; en esta situación, no se puede identificar el níquel por lo que la dimetilglioxima debe estar en un medio alcalino de un hidróxido, cuya solución se debe calentar y acompañar de un agente oxidante adecuado. El tercer procedimiento es con ácido rubeánico (ditiooxamida), que reacciona con níquel, cobalto, hierro y cobre para formar un precipitado. Se presentan dos metodologías generales donde se utiliza este reactivo, y la adaptación de los procedimientos para

poder identificar solamente el níquel en presencia de cobalto, hierro y cobre a partir de separación capilar. El cuarto y último procedimiento es con quinoxalina-2,3-ditiol, que reacciona con el sulfuro de níquel para formar un precipitado rojizo.

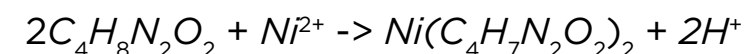
Existen otros análisis más avanzados que sirven para analizar la composición de los meteoritos como los de petrografía de capa fina, difracción de rayos X y microscopía electrónica de barrido (Ludert, 2009).

Caracterización de la dimetilglioxima

La dimetilglioxima es un reactivo orgánico covalente, que reacciona y ayuda a identificar y precipitar níquel, hierro, cobalto, cobre y manganeso en un medio básico. Su fórmula es $C_4H_8N_2O_2$ y tiene la fórmula molecular observada en la figura 1. (Godycki y Rundle, 1953; Feigl y Anger, 1982). La principal razón por la cual sirve como reactivo para identificar el níquel es su polaridad. Esta propiedad se debe a los grupos hidroxilos que tiene en dos de las ramificaciones, lo que deja al hidrógeno con un dipolo positivo y al oxígeno con uno negativo. Asimismo, se forma un dipolo negativo entre los nitrógenos, debido a que estos tienen un par de electrones en dirección del punto medio entre ambos nitrógenos (Godycki y Rundle, 1953).

Esta característica química es la razón por la cual es una molécula encapsuladora. Cuando se juntan dos de estas moléculas, un hidrógeno de un grupo hidroxilo de cada molécula le cede su electrón al oxígeno y se separa de la molécula. Esto genera que entre el grupo hidroxilo restante y el oxígeno de la otra molécula, se forme un puente de hidrógeno que une ambas partes. La fórmula molecular en este punto corresponde a $(C_4H_7N_2O_2)^-$. El resultado es que los pares de electrones libres de los cuatro nitrógenos apuntan a la misma dirección, y por lo tanto generan un dipolo negativo fuerte en el centro de la molécula. Es por esto que dicha molécula atrae al níquel positivamente cargado y lo encapsula en el centro, creando un complejo de coordinación. Por último, se forma una estructura de resonancia entre el nitrógeno, el oxígeno libre de cada molécula, y el carbono

constituyendo un complejo de níquel (II)-Dimetilglioxima que tiene la fórmula molecular $Ni(C_4H_7N_2O_2)_2$ (figura 2) (Godycki y Rundle, 1953; Vivas, 2017). La reacción es:



Esta reacción produce un precipitado rojizo del compuesto del níquel (II) y la dimetilglioxima, que solamente es soluble en ácidos (Feigl y Anger, 1982; Chitwood y Norton, 2006).

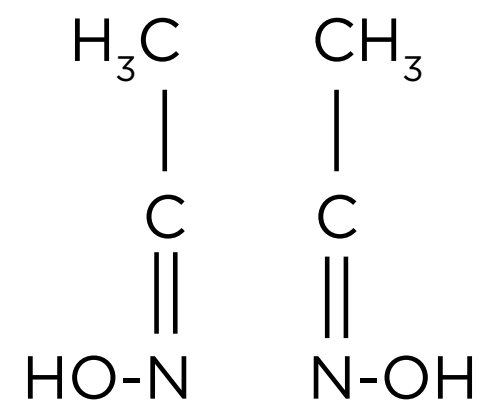


Figura 1

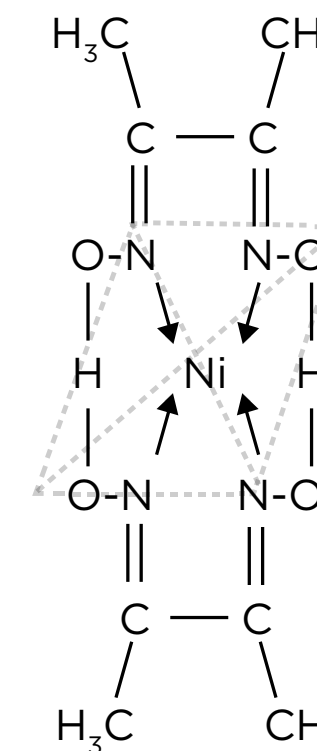


Figura 2

Chitwood y Norton (2006) hacen la revisión del procedimiento cualitativo para identificar níquel en meteoritos planteado por Farrington en 1915. Este procedimiento está dirigido a laboratorios pequeños, que no tengan técnicas analíticas avanzadas. Consiste primero, en tomar 0,250 g del posible meteorito y agregar lentamente 10 mL de HCl concentrado. Segundo, se calienta la solución por el tiempo necesario para que un poco de la muestra se disuelva. Tercero, se filtra cualquier fragmento de meteorito que que-

de sin disolver. Cuarto, se agrega HNO_3 concentrado hasta precipitar el hierro, en forma de hidróxido de hierro. Quinto, se neutraliza la solución con NH_4OH hasta el punto en que sea ligeramente básica. Por último, se agregan unas gotas de dimetilglioxima en solución al 1% en peso en alcohol isopropílico, que en caso de presencia de níquel formará un precipitado rojo (Chitwood y Norton, 2006).



Figura 3



Figura 4



Figura 5

MATERIALES Y MÉTODO

En esta investigación se utilizó un análisis mixto tanto cuantitativo como cualitativo. Esto se debe a que, durante la experimentación, se midieron datos específicos y se utilizó un procedimiento dirigido a estandarizar y reducir errores a partir de la repetición de sus resultados mientras busca identificar el níquel a partir de un cambio de color (cualitativo), sin importar la concentración o la cantidad de este metal.

Se seleccionó el procedimiento propuesto por Chitwood y Norton (2006) y a partir de dicho método se hicieron los siguientes ensayos, durante los cuales se midieron las cantidades de reactivos utilizados necesarios para realizar de manera exitosa la identificación de níquel.

1. Identificación del níquel a partir de la dimetilglioxima. Se tomó una sal de níquel (NiSO_4), y se le aplicó el procedimiento de Chitwood y Norton para poder reconocer el color rojo cereza, que produce el encapsulamiento del níquel (ver tabla 1).

Ensayo	$\text{NiSO}_4(\text{g})$	$\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{g})$	Ni (g)	Fe (g)	Ni(%)	Fe(%)	HCl (mL)	$\text{HNO}_3(\text{mL})$
1	0,294	0,000	0,111	0,000	100	0,00	9,0	3,0
2	0,100	0,100	0,038	0,070	35,0	65,0	3,0	1,0
3	0,000	0,871	0,000	0,609	0	100	6,0	2,0
4	0,000	0,501	0,000	0,350	0	100	6,0	2,0
5	0,026	0,281	0,010	0,197	4,7	95,3	9,0	3,0
6	0,006	0,286	0,002	0,200	1,1	98,9	9,0	3,0

Tabla 1: Cantidades de reactivos químicos usados en los diferentes ensayos

2. Puesto que el hierro también puede ser encapsulado por la dimetilgloxima, se hicieron dos pruebas en la que se mezclaron NiSO_4 y Fe_2O_3 para simular la composición de un meteorito metálico. Esto para verificar la efectividad del procedimiento escogido, que busca precipitar todo el Fe III agregando primero el ácido clorhídrico, luego el ácido nítrico y finalmente el hidróxido de amonio.
3. Se realizaron varias pruebas, reduciendo la composición porcentual del níquel en la mezcla de NiSO_4 y Fe_2O_3 hasta alcanzar un mínimo de 1% para verificar la eficiencia del procedimiento.
4. El procedimiento realizado anteriormente se aplicó a dos posibles meteoritos: uno que se obtuvo en el comercio, rotulado como meteorito chino y otro con característica magnética y colectada en la Guajira durante una excursión de grado séptimo (figuras 3 y 4). También se aplicó la prueba a un fragmento certificado del meteorito Sijoté-Alín cedido por Raúl Joya, director del Observatorio de la Universidad Sergio Arboleda (figura 5). Este material cayó en la más grande lluvia de meteoritos metálicos de la historia reciente, ocurrida el 12 de febrero de 1947 en la región de Sijoté-Alín (Rusia). Fue clasificado como una octaedrita gruesa de hierro IIB cuya composición es principalmente hierro 90% y alrededor de 6% de níquel, presentes en aleaciones de camacita y taenita.

Se utilizaron los siguientes reactivos: HCl al 37%, HNO_3 al 70% y NH_4OH al 30% y una solución de dimetilgloxima al 1% en peso en alcohol isopropílico.



Figura 6

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primer ensayo: se pesaron 0,294 gramos de sulfato de níquel (NiSO_4), agregando 9 mililitros de ácido clorhídrico concentrado y calentando a 75 °C por unos minutos hasta lograr disolver la muestra. A continuación, se agregaron 3 mililitros de ácido nítrico al 70% para oxidar el hierro; luego se filtró la solución para separar la muestra que no se disolvió y se neutralizó con hidróxido de amonio al 30% hasta que se alcanzó un pH básico entre 6.5 y 8, nivel en el que se precipita el hierro, que en este caso no está presente. Al final, luego de agregar la dimetilgloxima al 1%, la solución pasó de ser incolora a tomar un color rojo cereza, con una suspensión en la parte superior (figura 6). El único problema que se encontró en este procedimiento fue la cantidad de hidróxido de amonio (NH_4OH) utilizado. De acuerdo con Norton y Chiltwood (2006), bastaría con agregar menor cantidad para neutralizar la solución. Sin embargo, al final se usaron más de 15 mL para neutralizarla por completo. Se encontró que posiblemente, esta sustancia estaba contaminada.

El segundo ensayo tuvo por objeto revisar si el procedimiento era capaz de permitir la identificación de níquel en una muestra con hierro. Por lo tanto, se utilizaron 0,100 g de óxido de hierro (III), y 0,100 g de NiSO_4 , de tal manera, que se tuviera 0,038 g de níquel y 0,070 g de hierro. En esta prueba se redujo la cantidad de HCl a 3,0 mL y la de HNO_3 a 1,0 mL, cantidades suficientes para disolver los sólidos. Al agregar las gotas de dimetilgloxima, la solución se tornó a un color rojizo un poco más oscuro que el de la primera prueba, identificando positivamente el níquel (figura 7). Sin embargo, de acuerdo con Chitwood y Norton, al agregar el HNO_3 en esta prueba se debería haber formado un precipitado de hidróxido de hierro hecho que no se observó claramente.



Figura 7



Figura 8

A partir del resultado del ensayo anterior, se decidió realizar un tercero utilizando solamente hierro, con el fin de comprobar que este elemento es precipitado al neutralizar la solución. Para ello, se utilizaron 0,871g de óxido de hierro (III), que representan 0,609 g de hierro puro. Debido a que se aumentaron las cantidades respecto a la anterior prueba, también los reactivos a 6,0 mL de HCl y 2,0 mL de HNO_3 . Luego, cuando se agregó el hidróxido de amonio y se neutralizó la solución, se formaron dos fases, una suspensión ocre en una solución traslúcida azul. Una de las fases contenía posiblemente el hierro precipitado. Sin embargo, al agregar la dimetilgloxima en la solución, se formó una suspensión morada oscura en la parte superior de la solución y la suspensión se disolvió (figura 8).



Figura 9



Figura 10



Figura 11

Debido al resultado del tercer ensayo se decidió repetir el experimento. En esta ocasión, se redujo la cantidad de óxido de hierro (III) a 0,501 g, y se filtró bien la solución antes de agregar las gotas de dimetilgloxima; para remover la suspensión ocre que se había formado, se utilizaron las mismas cantidades de HCl y de HNO_3 . Al agregar el hidróxido de amonio, se formó una suspensión (figura 9) pero luego de filtrarla y agregar la dimetilgloxima, la solución no cambió de color (figura 10). Al haber filtrado la suspensión ocre, se planteó la idea que dicho suspensión era una sustancia compuesta por hierro y que la dimetilgloxima solo identificaba el níquel y no el hierro III. Al realizar las reacciones químicas, se encontró que se formaba solamente un producto insoluble: el hidróxido de hierro (III). Asimismo, de acuerdo con Díaz (2017), dicho compuesto tiene una coloración ocre y se precipita al alcalinizar soluciones de sales de hierro. Es posible que, en un ambiente muy alto en hierro III, la coloración morada que se formó en la tercera prueba pueda interferir con la propia de la presencia del níquel, o también es posible que no se hubiera filtrado bien la tercera muestra.

Luego de que, en la prueba 4, se logró identificar el hierro en forma de suspensión de hidróxido de hierro (III) se decidió llevar a cabo la prueba 5 con

hierro y níquel. Se utilizaron 0,026 g de sulfato de níquel (0,010 g Ni), y 0,281 g de óxido de hierro (III) (0,197 g Fe), formando una mezcla 95,3% hierro y 4,7% níquel. Dicha composición porcentual se utilizó para simular la composición de un meteorito con bajo porcentaje en níquel. Asimismo, al utilizar una masa similar a la indicada por Chitwood y Norton, se simulaban más las condiciones del experimento con meteorito. En esta prueba se utilizaron 9,0 mL de la solución de HCl y 3,0 mL de HNO₃. Finalmente, después de filtrar la solución (figura 11) con el precipitado ocre de hierro, y agregar las gotas de dimetilglioxima, la solución tomó un color rojizo, y se formó una solución de la misma tonalidad roja similar a la obtenida en el primer ensayo (figura 12), dando como resultado positivo para el níquel, tal como se esperaba. Con esta prueba se logró confirmar que el procedimiento permitía identificar el níquel en un meteorito que tuviera al menos un 5% de este metal, una de las menores cantidades posibles para un meteorito metálico.

Se hizo un último ensayo, donde se utilizó una mezcla cuatro veces menor a la mínima encontrada en un meteorito metálico. Para ello, se utilizaron 0,006 g de NiSO₄ (0,002 g Ni) y 0,286 de Fe₂O₃ (0,200 g Fe), dando como contenido un 1,1% de níquel. A la hora de realizar la prueba, se utili-



Figura 12

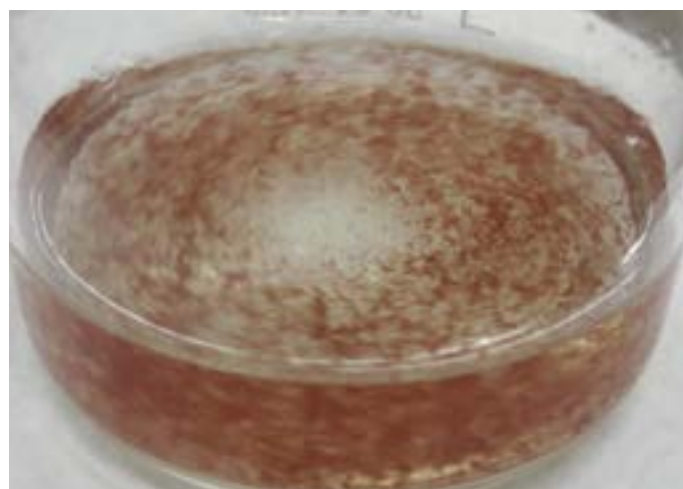


Figura 13



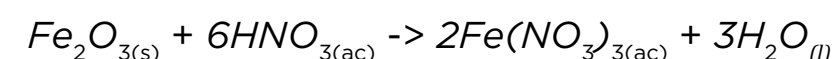
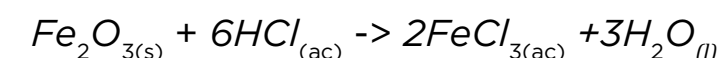
Figura 14

zaron 9,0 mL de ácido clorhídrico y 3,0 mL de ácido nítrico. Luego de agregar el hidróxido de amonio, se formó el mismo precipitado de hidróxido de hierro (III) de las anteriores ocasiones (figura 13), y al agregar la dimetilglioxima, la solución se tornó de un color rojizo (figura 14), dando como resultado el positivo esperado.

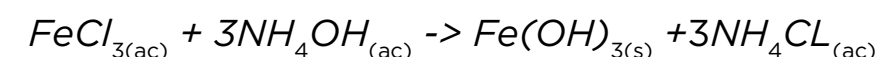
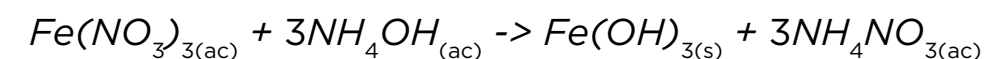
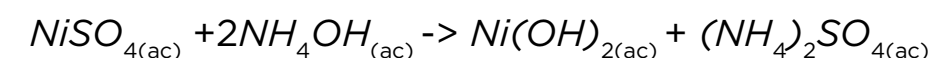
Reacciones Químicas

Para estandarizar el procedimiento se utilizó una mezcla de óxido de hierro (III) (Fe₂O₃) y sulfato de níquel (NiSO₄). Sin embargo, en cada prueba se utilizaron diferentes cantidades de cada uno.

Se agregó la muestra sólida a una solución de 9,0 mL de HCl al 36,7% y 3,0 mL de HNO₃ al 70%, para disolver la muestra y formar sales de hierro.



Se agregó hidróxido de amonio (NH₄OH) al 30% para neutralizar la disolución, formar hidróxido de níquel y precipitar el hierro en forma de hidróxido de hierro (III).



Por último, se agregó la dimetilglioxima al 1% en alcohol, que reacciona con el hidróxido de níquel para formar el precipitado rojizo de Níquel (II) - dimetilglioxima.

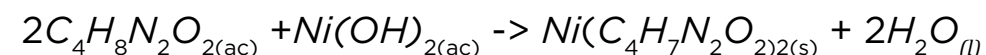


Figura 15. Muestra de un posible meteorito de origen chino



Figura 16. Solución de 9 mL ácido clorhídrico, 3 mL ácido nítrico y 0,286 g del posible meteorito chino.

Análisis de los posibles meteorito

Tras hacer los ensayos necesarios para estandarizar la prueba, se utilizó dicho procedimiento para probar el posible meteorito de origen chino, la roca encontrada en la Guajira y una muestra del meteorito Sijoté-Alín.

Meteorito de origen chino: se utilizó una muestra de 0,286 gramos (figura 15) junto con 9,0 mL de HCl y 3,0 mL de HNO₃. (figura 16). Luego de agregar dichos ácidos, se calentó la muestra por 10 min a 70 °C hasta disolver la muestra; a continuación, se filtró el restante y a la solución se agregaron 15,0 mL de hidróxido de amonio hasta alcanzar un pH básico. No se formó ningún precipitado y al agregar la dimetilglioxima, no hubo cambio de coloración. Como resultado no se encontró níquel y por lo tanto no es un meteorito (figura 17).

Roca encontrada en la Guajira se analizó una muestra 0,253 a la cual se le agregaron 9,0 mL de ácido clorhídrico y 3,0 mL de ácido nítrico, la roca no se disolvió en su mayoría, por lo que tuvo que calentarse por alrededor de 10 min a 75 °C, para que se disolviera la mayor parte. Luego de haberla filtrado y haber agregado 17,0 mL de hidróxido de amonio, se formó una suspensión ocre de hidróxido de hierro (III) (figura 18). Finalmente, se filtró y se agregaron unas gotas de dimetilglioxima, sin que se diera algún cambio en la tonalidad de la solución; indicando que la roca no tenía níquel, y por lo tanto no era un meteorito (figura 19).

Finalmente, se realizó una prueba con 0,268 g del meteorito Sijoté-Alín. Primero, se le agregaron 9,0 mL de HCl y 3,0 mL de HNO₃, formando una solución amarilla pero que no disolvió a la muestra. Se calentó hasta alcanzar los 70 °C por 10 min hasta que la mayor parte lo hizo. En este caso, la reacción que se produjo fue más intensa que las anteriores veces, produciendo un burbujeo alrededor de los sólidos (figura 20). A continuación, se filtró la mezcla para remover los fragmentos de meteorito no disueltos y a esta solución se agregaron 15,0 mL de hidróxido de amonio, cantidad suficiente para neutralizar la solución y precipitar el hidróxido de hierro (III). Se pudo observar que, en esta ocasión, la concentración fue



Figura 17. Solución de 0,286 g del posible meteorito chino luego de haber agregado 1 mL de Dimetilglioxima y no haber tenido cambio en la tonalidad. Negativo para níquel y para meteorito.



Figura 18. Solución de 0,253 g de la roca de la Guajira, luego de haber agregado el hidróxido de amonio y haberse formado un coloide.

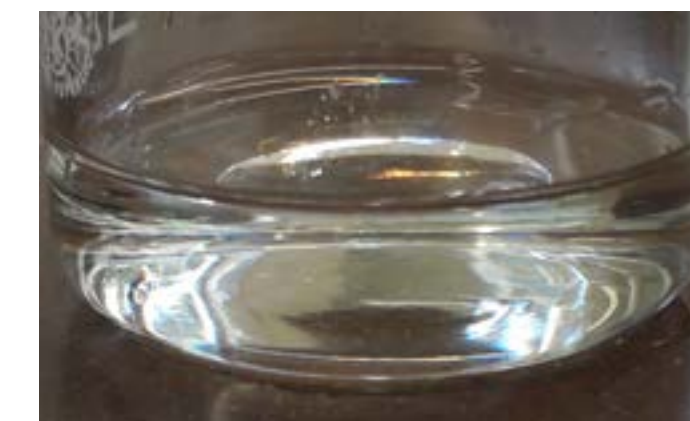


Figura 19. Solución de 0,253 g de la roca de la Guajira, luego de agregar unas gotas de dimetilglioxina. No hubo cambio de color dando negativo para níquel y para meteorito.

mayor (figura 21). Finalmente se filtró el precipitado y quedó una solución traslúcida, a la que se le agregó 1 mL de dimetilglioxima. Al agregar este reactivo, la solución tomó una coloración rojiza, dando un positivo para níquel, y por lo tanto confirmando su origen extraterrestre (figura 22).



Figura 20. Solución de 0,268 g de meteorito Sijoté-Alín, 9,0 mL de ácido clorhídrico, y 3,0 mL de ácido nítrico luego de haberla calentado por 5 min a 70°C.



Figura 21. Solución de 0,268 g del meteorito Sijoté-Alín luego de haber agregado 15,0 mL de hidróxido de amonio. Se formó el mismo coloide ocre de otras pruebas, pero con una concentración más elevada.

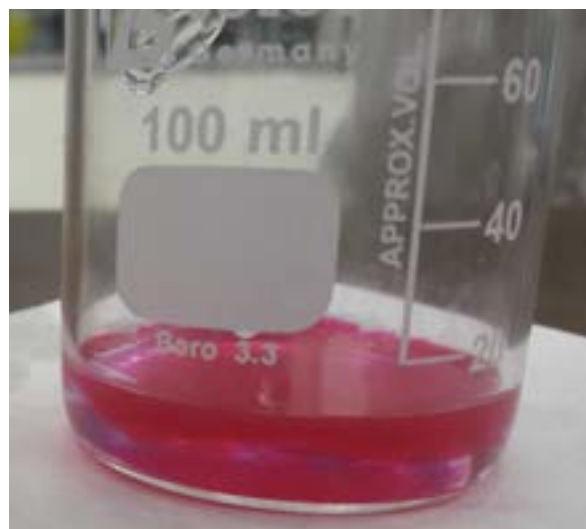


Figura 22. Solución de 0,268 g del meteorito Sijoté-Alín luego de haber agregado 1,0 mL de Dimetilglioxima. Tomó un color rojizo, indicando positivo para presencia de Níquel.



CONCLUSIONES

El procedimiento desarrollado por Chitwood y Norton (2006) mostró ser efectivo para la identificación del níquel en rocas que tienen una composición de un meteorito utilizando técnicas bastante sencillas propias de un laboratorio de un colegio. De acuerdo con lo anterior, el compuesto químico adecuado para precipitar el níquel es la dimetilglioxima, utilizando una concentración 1% en peso en solución de alcohol isopropílico (figura 23).

- El procedimiento seleccionado fue validado a partir de varias pruebas experimentales y en la que se confirmó la presencia del níquel a partir de la utilización de NiSO_4 y de la prueba en

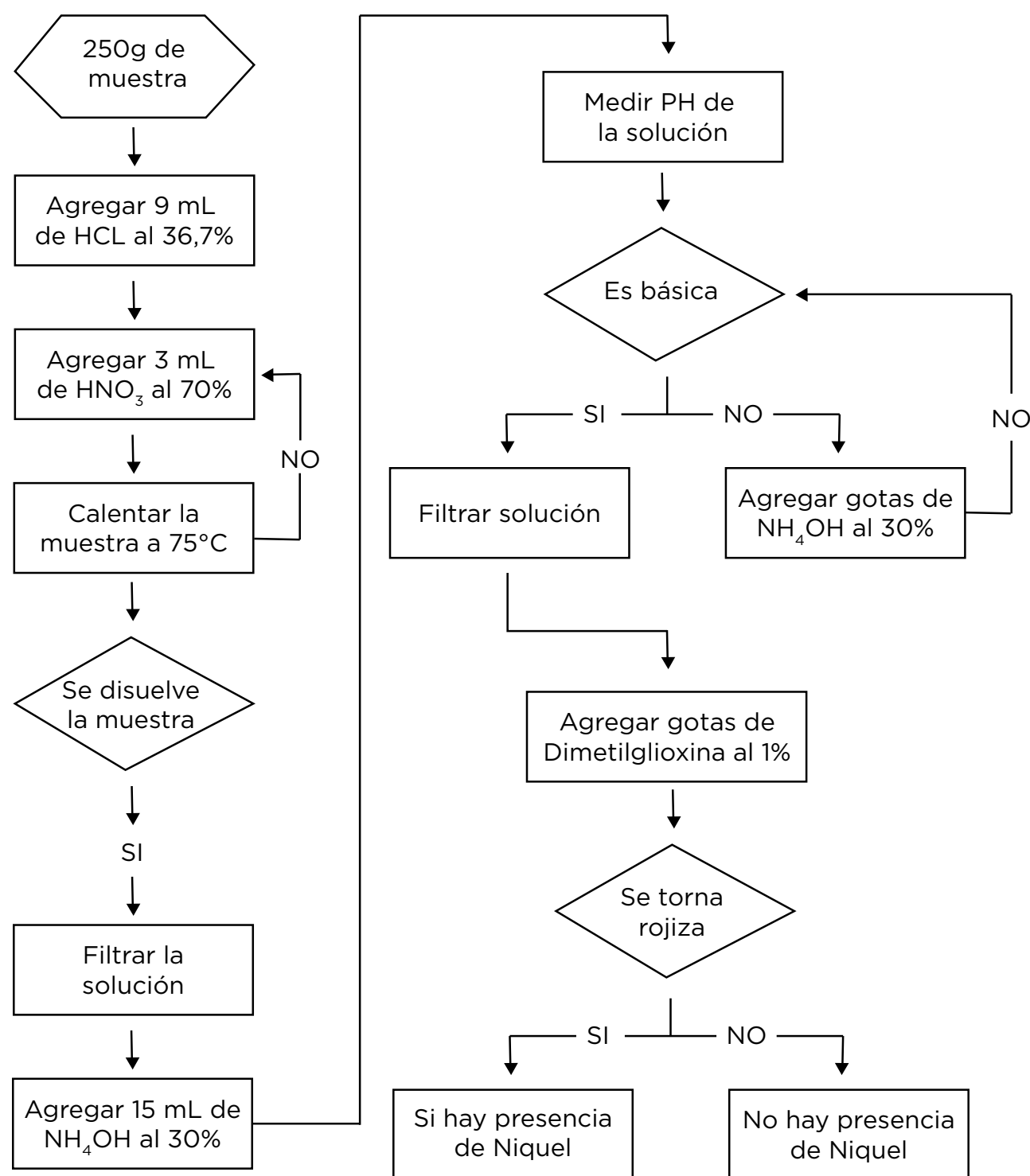


Figura 23. Procedimiento estandarizado para la identificación de níquel con base en Chitwood y Norton (2006).

el meteorito certificado de Sijoté-Alín. Las pruebas con NiSO_4 permitieron establecer que el procedimiento puede identificar níquel hasta un 1% en peso utilizando dimetilgloxima al 1% en alcohol isopropílico.

- El método fue probado en tres muestras, dos de las cuales resultaron ser no meteoritos, aunque tenían características externas similares. La roca de la Guajira presentó mayor cantidad de hidróxido de hierro al igual que la muestra de Sijoté-Alín, que se notó por el precipitado ocre después de agregar el hidróxido de amonio. La prueba hecha al meteorito certificado mostró el mismo color rojo al agregar la dimetilgloxima que los ensayos hechos con el NiSO_4 .
- La principal fuente de error fue la pureza de los reactivos químicos. Debido a que en un principio se iba a utilizar una solución de hidróxido de amonio que estaba a una concentración mucho menor a la especificada y a la requerida para la experimentación.
- Finalmente, se invita a continuar con las pruebas de esta metodología, a partir de otros fragmentos de meteoritos no metálicos tales como las condritas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a los profesores Francisco Escobar, Luis Carlos Fajardo y Oscar Ospina por su ayuda durante la realización de este trabajo. Al ingeniero Raúl Joya del Observatorio Astronómico de la Universidad Sergio Arboleda, por cedernos una muestra del meteorito Sijoté-Alín.

LISTA DE REFERENCIAS

Azo Materials. (2001). Nickel (Ni) - Properties, Applications. Recuperado de <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=617>.

Bischoff, A. (Julio de 2001). Meteorite classification and the definition of new chondrite classes as a result of successful meteorite search in hot and cold deserts. *Planetary and Space Science*, 49(8), 769-776. doi:10.1016/s0032-0633(01)00026-5

Chitwood, L., y Norton, R. (2006). A Nickel test for Meteoritic Iron - Nickel. *Meteorite*, 12 (3), 22-23.

Díaz, R. (2017). *Hidróxido de Hierro III*. Recuperado de <https://www.lifeder.com/hidroxido-hierro-iii/>

Feigl, F., y Anger, V. (1982). *Spot tests in organic analysis* (6th ed.). Elsevier Pub. Co.

Godycki, L., y Rundle, R. (1953). The Structure of Nickel dimethylglyoxime. *Acta Crystallographica*, 6(6), 487-495. doi: 10.1107/s0365110x5300137

Habashi F. (2013) Nickel, physical and chemical properties. En: Kretsinger R.H., Uversky V.N., Permyakov E.A. (Eds.), *Encyclopedia of Metalloproteins*. Springer.

Harris, P., y Hartman, R. (1 de Agosto de 2002). Some Fundamentals of Common Chondrite Classification. *Meteorite Times Magazine*. Recuperado de <https://www.meteorite-times.com/articles/3340/>

Lenntech. (2008). *Propiedades químicas del níquel- Efectos del níquel sobre la salud - Efectos ambientales del níquel*. Recuperado de <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/ni.htm>

Lozano, R. (2013). Meteoritos metálicos: el ejemplo de Retuerta del Bullaque (Ciudad Real, España). *Enseñanza de las ciencias de a Tierra*, 21(3), 283-292. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/ECT/article/viewFile/283935/371862>

Ludert, A. (2009). *Análisis y clasificación de muestras meteoríticas mediante técnicas petrológicas y de análisis químico*. (Tesis de Pregrado). Universidad Simón Bolívar, Colombia.

Meteoritical Society, (2020). *Meteoritical Bulletin Database*. Lunar and Planetary Institute Recuperado de <https://www.lpi.usra.edu/meteor/metbull.php>.

Norton, R. (2002). *The Cambridge Encyclopedia of Meteorites*. Cambridge University Press.

Moreno, F. (2012). Los meteoritos de Santa Rosa de Viterbo. *Revista el Astrolabio*, 9 (1) 76-90.

Söffler, D., Keil, K., y Edward, S. (Diciembre de 1991). Shock metamorphism of ordinary Chondrite meteorites. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 55(12), 3845-3867. doi:10.1016/0016-7037(91)90078-J

Sola, J., Hernández, J., y Fernández, R. (2016). *Complejos de níquel (II)*. <http://www.heurema.com/QG24.htm>

Vivas, J. (21 de noviembre de 2017). Determinación de níquel con dimetilglioxima. *El Insignia*. Recuperado de <http://blog.elinsignia.com/2017/11/21/determinacion-de-niquel-con-dimetilglioxima/>

Wlotzka, F. (1993). A Weathering Scale for the Ordinary Chondrites. *Meteoritics*, 28(3), 460. <http://adsabs.harvard.edu/abs/1993Metic.28Q.460W>

ARTÍCULOS RELACIONADOS

“Los meteoritos en la obra de Gregorio Vázquez de Arce y Ceballos”. *Revista El Astrolabio*. Vol 15 No 1. Enero-junio 2016.

http://astrolabio.phppages.com/ediciones-antiores/astrolabio_15-1/articulo6.

“Los meteoritos de Santa Rosa de Viterbo”. *Revista El Astrolabio*. Vol 9 No 1. Enero-junio 2010.

http://www.revistaelastrolabio.com/ediciones-antiores/volumen_9-1/astrolabio_vol9_1_art7.

“El enigma de las piedras de rayo”. *Revista El Astrolabio*. Vol 8 No 1. Enero-junio 2009.

http://www.revistaelastrolabio.com/ediciones-antiores/volmen-8---no-1/el_enigma_de_las_piedras_de_rayo.