

¿QUÉ SON LOS ELEMENTOS DE TIERRAS RARAS?

Elizabeth Hernández Álvarez

En tus clases de química seguro has visto la tabla periódica de los elementos y seguro identificas ya algunos de sus grupos como los metales y los no metales, o algunos con nombres más raros como los Gases Nobles (el grupo donde está el helio) y las "Tierras Raras", que están en un recuadro separado en la parte inferior de la tabla, a las que también se les llama lantánidos, y que forman parte del período 6 de la tabla periódica.

"Tierras Raras" (TR) es un nombre inapropiado para los Lantánidos, que son en verdad metales. La palabra "rara" viene del hecho de que los lantánidos fueron originalmente descubiertos en minerales que son raros, pero los elementos en sí mismos no son raros ni escasos; de hecho algunos son bastante comunes. Se les conoce como "Tierras", porque este es un viejo término de la química que significa óxido (un compuesto con oxígeno) y las TR fueron vistas por primera vez en esta forma (como óxidos).

El grupo de los lantánidos o TR está formado por 15 elementos iniciando con el lantano (La) con número atómico 57 (tiene 57 protones en su núcleo y 57 electrones girando alrededor) y hasta el lutecio (Lu) con número atómico 71. Aunque se suele incluir en este grupo, el lantano no tiene electrones ocupando ningún orbital *f* (recuerda que los electrones se acomodan alrededor del núcleo en orbitales; primero el *s*, luego el *p* y *d* y el último el *f*), mientras que el resto de las TR tienen este orbital *f* parcial o totalmente lleno. Esto hace que estos elementos sean químicamente bastante parecidos, con un estado de oxidación o valencia de +3; sin embargo, también pueden presentar el estado de oxidación Eu^{+2} y Ce^{+4} .

Elementos de Tierras Raras														
La: Lantano	Ce: Cerio	Pr: Praseodimio												
Nd: Neodimio	Pm: Prometio	Sm: Samario												
Eu: Europio	Gd: Gadolinio	Tb: Terbio												
Dy: Disprobio	Ho: Holmio	Er: Erbio												
Tm: Tulio	Yb: Yterbio	Lu: Lutecio												
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
Tierras Raras ligeras							Tierras Raras pesadas							

¿Cómo se miden las Tierras Raras?

A diferencia de algunas rocas en las que las TR alcanzan concentraciones de 0.1 a 1%, en materiales ambientales, como el suelo y el agua, se encuentran en concentraciones muy bajas, del orden de una parte en un billón (1 / 1 000 000 000, igual a 1 ppb); esto en química se conoce como nanogramos por gramo (ng/g). Por este motivo son difíciles de analizar por métodos convencionales (técnicas como absorción atómica o fluorescencia de RX). El método ideal para cuantificar la concentración de estos elementos es la espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo, conocido como ICP-MS por sus siglas en inglés. El Instituto de Geofísica cuenta con un ICP-MS modelo PQ3 de la marca VG Elemental, el cual analiza de manera rutinaria estos elementos.

Este método analítico posee bajos límites de detección, baja interferencia y la preparación de las muestras es relativamente simple. ¿Qué importancia tiene el hecho que un método

analítico como el ICP-MS tenga bajos límites de detección?. Significa que podemos analizar concentraciones muy bajas en muestras de diferentes materiales (rocas, minerales, suelos, plantas y agua) con excelente precisión y exactitud. Para poder realizar la medición de la muestra (en polvo) tiene que pasar por un procedimiento de preparación o digestión; de esta manera se asegura una descomposición completa y la muestra, ya en forma líquida, puede ser analizada.

Los resultados obtenidos pueden aplicarse en estudios de geología, para saber el origen de la roca analizada. Las concentraciones de TR en materiales geológicos y ambientales se reportan generalmente en relación con un material de referencia conocido (un estándar internacional). De esta manera el enriquecimiento y/o empobrecimiento de un elemento con relación a su patrón de referencia es evidenciado. Esto es importante para conocer los procesos geológicos involucrados en el origen del material estudiado.

Aplicaciones de las Tierras Raras

La Tierras Raras se caracterizan por tener aplicaciones bastante interesantes a todo nivel, juegan un papel muy importante en diversas áreas, desde la geología, donde se utilizan para estudiar la evolución geoquímica de la Tierra, medicina e industria electrónica. Se utilizan en diferentes industrias, como la óptica, televisión y tubos de rayos catódicos.

Los elementos de este grupo se utilizan para fabricar imanes permanentes de alta densidad (por ejemplo, samario-cobalto o neodimio-hierro-boro), materiales superconductores y láseres.

sigue>>>

uN viStazo a los auTores

Elizabeth Hernández Álvarez (aeliza@geofisica.unam.mx) cursó su preparatoria en el Colegio Oparin, en Ecatepec, Edo. Mex., posteriormente entre 1989 y 1994 la licenciatura en Hidrobiología, en la UAM-Iztapalapa. Continuó sus estudios en el posgrado en Ciencias de la Tierra (especialidad en aguas subterráneas), en el Instituto de Geofísica de la UNAM y actualmente tiene 10 años trabajando en el Laboratorio ICP-MS del Instituto de Geofísica de la UNAM, realizando análisis geoquímicos (determinación de elementos traza) en muestras ambientales y geológicas.

Manuel Mena Jara (mena@geofisica.unam.mx) estudió en el plantel número uno de la Escuela Nacional Preparatoria, cuando ésta se encontraba en el edificio de San Ildefonso, en el centro de la Ciudad de México. Posteriormente cursó estudios de física en la Facultad de Ciencias de la UNAM, y desde hace treinta y tres años es técnico académico titular en el Instituto de Geofísica donde se dedica principalmente al estudio del campo gravimétrico de la Tierra desde el punto de vista de la Geodesia, de la Prospección Gravimétrica y de la Vulcanología.

charlas de divulgación

"TORMENTAS SOLARES Y SUS REPERCUSIONES EN LA TIERRA"

AMÉRICO GONZÁLEZ
19 DE ENERO

"SOBRE HACES, ANILLOS Y OTRAS COSAS"

DOLORES MARAVILLA
16 DE FEBRERO

"LA GEOQUÍMICA EN LAS CIENCIAS DE LA TIERRA"

RAYMUNDO MARTÍNEZ
09 DE MARZO

"ARTE MAGNÉTICO EN Mesoamérica"

AVTO GOGISCHAIHVILI
06 DE ABRIL

La Unidad de Educación Continua y a Distancia en Ciencias de la Tierra le invita a las proyecciones que se llevarán a cabo los viernes a las 13:00 hrs. en el Auditorio Tlayotl en el Edificio Anexo del Instituto de Geofísica de la UNAM, en Ciudad Universitaria

Entrada Libre

Sobreviviendo en Marte
24 de febrero

La asombrosa Tierra
31 de marzo

Clima extremo: Tornado
23 de abril

INSTITUTO DE GEOFÍSICA
CIUDAD UNIVERSITARIA
AUDITORIO TLAYOTL 12:00HRS.
(ENTRADA LIBRE)

videocine
2006

GEOFISICOSAS

¡HOLA!

EN ESTE NÚMERO TE PRESENTAMOS DOS ARTÍCULOS
MUY INTERESANTES:

¿QUÉ SON LOS ELEMENTOS DE TIERRAS RARAS?
Y
¿QUÉ ONDA CON LA GRAVEDAD?

NO TE OLVIDES DE VER LAS FECHAS DE LAS CHARLAS DE
DIVULGACIÓN Y DEL VIDEOCINE



INSTITUTO DE GEOFÍSICA
CIUDAD UNIVERSITARIA, CIRCUITO EXTERIOR
DELEGACIÓN COYOACÁN
C. P. 04510 TEL. 56 22 41 15

Num. 26, febrero 2006



www.geofisica.unam.mx

EDICIÓN Dra. Margarita Caballero Miranda Tel. 56 22 42 33 maga@geofisica.unam.mx	los que lo hacemos Impreso en la Unidad de Apoyo Editorial del Instituto de Geofísica, UNAM	EDICIÓN TÉCNICA François Graffé Schmit Mónica Nava Mancilla
Dra. Ana Ma. Soler Tel. 56 22 42 34 anesoler@geofisica.unam.mx	DISEÑO Alberto Centeno Cortés	DISTRIBUCIÓN Aída Sáenz

El cerio también se encuentra en la aleación que produce las chispas en los encendedores mecánicos. En resonancia magnética nuclear se utilizan complejos del lantano como aditivos para separar señales de compuestos que de otra forma se detectarían juntos. Otra aplicación muy específica y reciente de las TR es el uso de un fosfato de bario y europio en películas sensibles a los rayos-X que permiten la obtención de radiografías de buena calidad con sólo la mitad de exposición del paciente a la radiación.

Periodo	Grupo																18	
1	1																	2
	H																	He
	1	2											13	14	15	16	17	18
2	3	4											5	6	7	8	9	10
	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
	11	12											13	14	15	16	17	18
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	114	116	118			
	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Uun	Uuu	Uub	Uuq	Uuh	Uuo			
	Lantánidos																	
	6	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71			
		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
		Cer	Prase	Neod	Prome	Samar	Europ	Gadolin	Terbio	Dispro	Holmio	Erbio	Tulio	Yterbio	Lutecio			
	Actínidos																	
	7	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103			
		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			
		Torio	Protact	Uranio	Neptun	Plutonio	Americ	Curio	Berkel	Californ	Einstein	Fermio	Mendelev	Nobelio	Lawrencio			

Notas: Metales Metaloides No metales Gases nobles (1) Base en peso atómico carbono de 12 () indica el más estable o el de isótopo más conocido.

¿QUÉ ONDA CON LA GRAVEDAD?

Manuel Mena Jara

¿Qué es eso de la gravedad? Desde que una manzana se le cayó en la cabeza a Newton, todo el mundo parece saber de qué habla cuando habla de la gravedad. Vamos a ver si esto es cierto. Primero, todo el mundo sabe que vivimos en un planeta que se llama Tierra, que da vueltas alrededor de una estrella que se llama Sol y que alrededor de este planeta llamado Tierra da vueltas un satélite que se llama Luna y que la Tierra gira sobre su eje. Ahora, lo que no todo el mundo sabe es que los cuerpos se atraen directamente de acuerdo con el tamaño de su masa e inversamente al cuadrado de la distancia que los separa. Vamos a explicarlo más despacito. Quiere decir que entre más masa tengan dos cuerpos, más se van a atraer entre si y entre más lejos estén el uno del otro, menor será la atracción entre ellos. Esta fuerza de atracción es la gravitación y es lo que mantiene a la Tierra girando alrededor del Sol, a la Luna girando alrededor de la Tierra y a nosotros parados sobre la Tierra. Perfecto, hasta aquí tenemos un sistema que funciona como relojería en la que la cuerda es esa fuerza misteriosa de que hablábamos y que llamamos gravitación. Recapitulando:

$$F = G [m_1 m_2 / r^2]$$

En esta fórmula, las masas de los dos cuerpos son m_1 y m_2 , r es la distancia que separa los centros de masa de los dos cuerpos (hablamos de centro de masa cuando consideramos que toda la masa de un cuerpo se concentra en un punto; hagan de cuenta que toda la masa de la Tierra la comprimimos hasta reducirla a un punto, este punto sería el centro de masa de la Tierra y así mismo de cualquier otro cuerpo, esto por supuesto es un truco matemático para facilitar los cálculos y no un método para adelgazar). G es una constante llamada constante de gravitación universal ($G=6.673 \times$

10^{-11} cm gr/seg). Fue el gran Isaac Newton quien descubrió esta formula y la publicó en 1686 en un libro que llamó *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, mejor conocido nada más como *Principia*.

La mejor demostración de la gravitación está dada por la atracción que la Tierra ejerce sobre los cuerpos que están en su superficie. Esta atracción debe ser grande, ya que no es fácil pararse sobre un cuerpo que se traslada alrededor del Sol con una velocidad aproximada de 30 km/seg y cuya superficie gira, además, a 1669 km/hr. ¿Pueden imaginarse una nave espacial moviéndose a tales velocidades? Pues sí, nosotros vamos montados en ella; y si estamos montados en ella y ella va girando ¿por qué no salimos disparados? Para tratar de explicar esto recuerden lo que dijimos antes cuando definimos la gravitación. En este caso los dos cuerpos que se atraen son la masa de la Tierra (5.97×10^{24} kg) por un lado y por el otro nuestra propia masa (70 kg) o la masa de cualquier objeto que se encuentre sobre ella; si hiciéramos el cálculo de la atracción gravitacional considerando un radio promedio de la Tierra de 6371 km, nos daríamos cuenta de que prácticamente toda la fuerza la ejercería la Tierra y el centro de masa del sistema formado por ambas masas estaría extraordinariamente cerca del centro de masa de la Tierra.

Sin embargo, la atracción que nosotros experimentamos sobre la superficie de la Tierra no es exactamente la que corresponde al valor de la gravitación, porque nuestro planeta se encuentra en rotación. Fue el mismo Newton quien en su famoso libro *Principia* expuso este hecho. Esto es: todo cuerpo en la superficie del planeta experimenta dos fuerzas: una de ellas es la atracción gravitacional del planeta y otra la fuerza centrífuga debida a la rotación del planeta. O sea que la gravedad que experimentamos sobre la Tierra (que se simboliza como g) es la suma algebraica de la fuerza de gravitación y de otra “fuerza” llamada centrífuga. Esta fuerza es la que hace que los cuerpos sigan trayectorias circulares puesto que de otra forma seguirían trayectorias rectilíneas. Por lo tanto, podemos considerar que no experimentamos toda la fuerza gravitacional porque parte de ella se emplea en mantener una trayectoria circular. La única razón por la cual se habla de una fuerza centrífuga es porque muchas veces ignoramos el hecho de que nos encontramos en un sistema en rotación. En otras palabras, la única fuerza real es la de gravitación, la fuerza centrífuga se introduce como un truco para hablar de un cuerpo que se mueve en trayectoria circular como si estuviera en reposo o en movimiento rectilíneo y con velocidad uniforme.

Bueno, hasta aquí ya sabemos la diferencia entre gravitación y gravedad. Sabemos que la gravedad es igual a la gravitación disminuida por un efecto producido por la rotación de la Tierra ya que no salimos expulsados de ella por la atracción de la misma. Para que quede más claro, imaginemos que viajamos en un auto con todas las ventanas clausuradas de tal manera que no sea posible ver nada del exterior. Imaginemos también que este auto va a velocidad constante por una carretera sin baches, entonces dado que nosotros nos movemos junto con el carro, en la parte interior no podemos sentir el movimiento. De la misma manera todos los cuerpos sobre la Tierra se encuentran en movimiento circular junto con ella y por lo tanto no son sensibles a su movimiento. Pero eso no es todo, dado que la forma de la Tierra es más o menos esférica, entonces al girar sobre su eje la velocidad es mayor en el ecuador que en los polos y como la gravedad varía de acuerdo con la velocidad, entonces la gravedad experimentada por un cuerpo es mayor en el polo que en el ecuador. Este efecto se refuerza además porque debido al achatamiento de los polos el radio ecuatorial es mayor que el polar. En conclusión, podemos decir que la gravedad experimentada por un cuerpo no es igual en toda la superficie de la Tierra, sino que tiene un efecto latitudinal (varía con la latitud). Es posible obtener una fórmula general para calcular este efecto latitudinal, pero en la realidad



Fig. 1 Sir Isaac Newton

existen otros factores (como la topografía, el tipo de roca, etc.) que hacen que el valor exacto de la gravedad en un punto varíe.

Ya es tiempo de hacer referencia al gravímetro, nombre del instrumento utilizado para medir la gravedad en un punto. Existen básicamente dos tipos de gravímetros: los de determinación absoluta de la gravedad y los de determinación relativa. El primer tipo de gravímetro nos permite obtener el valor absoluto de la gravedad en un sitio dado. Durante mucho tiempo se utilizaron, e incluso actualmente siguen usándose, el péndulo y la caída libre de un cuerpo en el vacío para calcular la gravedad. Tanto el periodo de un péndulo como el tiempo de caída de un cuerpo en el vacío son funciones de g . Naturalmente, el problema de medición es más complejo que el principio en que están basadas las determinaciones. En efecto, tanto el experimento del péndulo como el de caída libre deben realizarse en el vacío, bajo condiciones controladas y con dispositivos elaborados cuidadosamente. En estas condiciones, la gravedad puede determinarse con exactitudes del orden de 0.001 cm/seg^2 o, en unidades geofísicas, de un miligal. La unidad miligal es la milésima parte de 1 gal (1 cm/seg^2), denominada así en honor a Galileo. En estas unidades la gravedad promedio en la superficie de la Tierra es de alrededor de 980 gales o 98×10^4 miligales.

Los gravímetros de determinación relativa de g son instrumentos que permiten la evaluación de la gravedad de un sitio con respecto a otro. Usualmente consisten en sistemas de elásticos y péndulos en equilibrio inestable. Esto es cualquier fuerza externa por pequeña que sea los saca de su posición de equilibrio. Estos gravímetros tienen resoluciones desde un décimo de miligal hasta milésimos de miligal y son ampliamente utilizados cuando se quieren obtener mapas de anomalías gravimétricas puesto que, en tal caso, basta referir las medidas a un punto base y no es necesario llevar a cabo determinaciones absolutas de la gravedad.

Con estos aparatos podemos determinar valor de la gravedad en un sitio (g_0) y se puede calcular la diferencia con el valor teórico (gt)

$$\Delta g = g_0 - gt$$



Fig. 2 La fuerza de gravedad mantiene a la Luna girando alrededor de la Tierra, y a nosotros parados sobre ella.

Si la Tierra fuera homogénea, sin relieve y todo a nivel del mar, la diferencia entre ambos valores sería cero. Sin embargo éste no es el caso; la superficie de la Tierra tiene una topografía y una distribución de masa irregular, es decir, está compuesta por rocas de muy diversas densidades. Así que la diferencia Δg se debe tanto al relieve de la Tierra como a la distribución de las masas en su interior a esta diferencia es a lo que le llamamos anomalía gravimétrica y es a partir de ella que los geofísicos pueden estudiar por un lado la distribución de los cuerpos rocosos subterráneos, la existencia de fallas en la corteza terrestre la ubicación de masas de agua, etc. y por otro lado determinar con precisión la forma de la Tierra.

Finalmente te recomiendo que leas el libro:

EL TERCER PLANETA

de la serie:
LA CIENCIA PARA TODOS

escrito por:
JUAN MANUEL ESPÍNDOLA

donde encontrarás todo lo que quieres saber sobre la Tierra... pero que no te atrevas a preguntarlo.