

OPINIÓN



J. Elguero

Instituto de Química Médica (CSIC)

C-e: iqmbe17@iqm.csic.es

Recibido: 30/06/2023

Aceptado: 01/09/2023

Distribución de citas en los elementos de la Tabla Periódica

José Elguero

Hace algún tiempo tuvimos la impresión de que el bismuto era un elemento descuidado y se nos ocurrió mirar cuántas veces se citaba en la *Web of Science*. Resultó que la cifra es 67.606 veces. Que sea poco o mucho depende del número de citas de los otros elementos de la Tabla Periódica (TP).

Pocos elementos del universo de la química han sido citados tantas veces, modificados, reordenados, contado su historia, representados (sellos, monedas), Año Internacional 2019, etc. como la TP y su creador, Dimitri Ivánovich Mendeléyev^[1,2]. No hemos encontrado nada que la examine según el número de citas.

Esto no es un trabajo de bibliometría sino una primera aproximación al título de esta reflexión. En la Tabla 1 están los resultados obtenidos el 23 de junio de 2023. Naturalmente, son citas a todos los compuestos que contienen el elemento en cuestión.

Tabla 1. Número de citas y otros datos de los elementos del 1 al 95.

Elemento	Orden	Número atómico	Número de citas	Abundancia en la corteza terrestre
H	1	1	1.123.978	1.400
Li	2	3	308.270	20
Na	3	11	711.942	23.600
K	4	19	319.337	20.900
Rb	5	37	15.074	90
Cs	6	55	41.145	3.0
Fr	7	87	347	
Be	8	4	21.042	2.4
Mg	9	12	219.859	23.300
Ca	10	20	718.964	41.500
Sr	11	38	54.871	370
Ba	12	56	69.186	425

Elemento	Orden	Número atómico	Número de citas	Abundancia en la corteza terrestre
Sc	13	21	11.274	22
Y	14	39	44.819	33
La	15	57	36.148	39
Ce	16	58	41.332	66.5
Pr	17	59	6.659	9.2
Nd	18	60	21.904	41.5
Pm	19	61	336	
Sm	20	62	13.075	7.05
Eu	21	63	25.406	2.0
Gd	22	64	47.801	6.2
Tb	23	65	10.148	1.2
Dy	24	66	7.592	5.2
Ho	25	67	10.024	1.3
Er	26	68	26.816	3.5
Tm	27	69	6.330	0.52
Yb	28	70	14.085	
Lu	29	71	5.694	0.8
Rn	30	86	30.984	
Ra	31	88	43.892	
Ac	32	89	1.448	
Th	33	90	18.660	9.6
Pa	34	91	700	
U	35	92	78.986	2.7
Np	36	93	3.435	
Pu	37	94	19.313	

Elemento	Orden	Número atómico	Número de citas	Abundancia en la corteza terrestre
Am	38	95	4.701	
Ti	39	22	298.889	5.650
Zr	40	40	65.365	165
Hf	41	72	15.233	3.0
V	42	23	74.732	120
Nb	43	41	37.019	20
Ta	44	73	26.684	2.0
Cr	45	24	133.904	102
Mo	46	42	104.599	1.2
W	47	74	106.616	1.25
Mn	48	25	164.265	950
Tc	49	43	21.928	
Re	50	75	21.060	0.0007
Fe	51	26	779.740	
Ru	52	44	88.670	0.001
Os	53	76	15.167	0.0015
Co	54	27	199.470	25
Rh	55	45	46.720	
Ir	56	77	39.663	
Ni	57	28	325.997	84
Pd	58	46	148.428	0.015
Pt	59	78	192.643	0.005
Cu	60	29	606.534	60
Ag	61	47	367.252	0.075
Au	62	79	539.543	0.004
Zn	63	30	417.630	70
Cd	64	48	163.425	0.15
Hg	65	80	135.866	0.085
B	66	5	151.094	10
Al	67	13	371.955	82.300
Ga	68	31	81.748	19
In	69	49	90.714	0.25
Tl	70	81	19.824	0.85
C	71	6	2.000.403	200
Si	72	14	675.235	282.000
Ge	73	32	59.302	1.5

Elemento	Orden	Número atómico	Número de citas	Abundancia en la corteza terrestre
Sn	74	50	182.656	2.3
Pb	75	82	95.109	14
N	76	7	854.861	19
P	77	15	298.841	1.050
As	78	33	78.380	1.8
Sb	79	51	33.362	0.2
Bi	80	83	67.606	0.0085
O	81	8	1.326.382	461.000
S	82	16	294.166	350
Se	83	34	81.422	0.05
Te	84	52	17.784	0.001
Po	85	84	2.545	
F	86	9	82.219	585
Cl	87	17	77.888	145
Br	88	35	24.538	2.4
I	89	53	104.681	0.45
At	90	85	710	
He	91	2	109.209	0.008
Ne	92	10	20.426	0.0051
Ar	93	18	103.095	
Kr	94	36	9.737	0.0001
Xe	95	54	30.620	

La Figura 1 representa en una escala de colores rojo > violeta > naranja > amarillo > nada > azul el número decreciente de citas

Los elementos con números altos de citas se sitúan en la parte alta (periodos con número atómico bajo de la Tabla Periódica) pero sin una clara tendencia. El bismuto, en amarillo, se sitúa en la parte baja de los más citados. **Luego no es un elemento descuidado.** Los tres elementos citados más de un millón de veces son C > O > H. En el conjunto de los 95 elementos, no hay relación entre el número de citas y la abundancia natural.

El oro, poco abundante, es muy citado (539.543, abundancia 0.004%); lo mismo le sucede al uranio (78.986, abundancia 2.7%).

La Figura 2 representa el número de citas frente al número atómico:

El número de citas refleja no solo el interés económico de un elemento dado, sino también su importancia científica. Lo que aporta un nuevo trabajo al conocimiento de un elemento es el cociente entre el valor del trabajo y el número de citas

IUPAC Periodic Table of the Elements

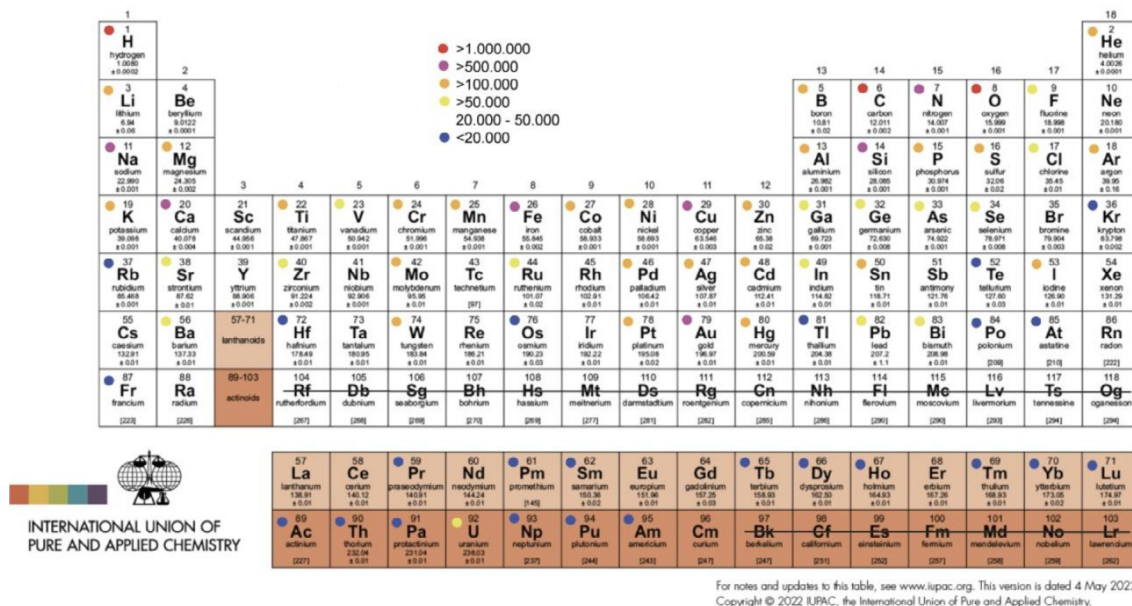


Figura 1. La TP de la IUPAC coloreada según el número de citas.

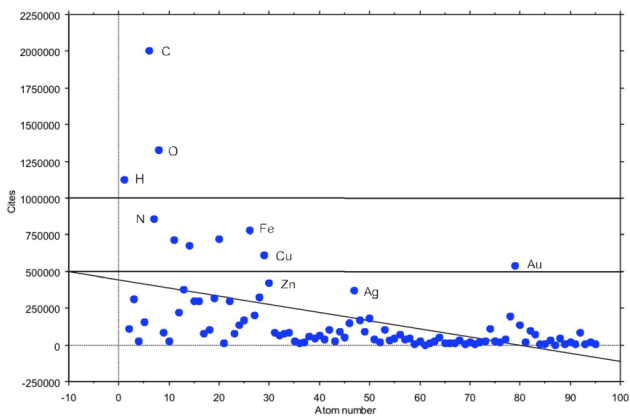


Figura 2. Número citas frente al número atómico.

o, en un contexto más general, entre la calidad de lo nuevo y el impacto acreditado de lo ya conocido. Así, podemos definir la relevancia relativa $X_R(E)$ de un trabajo para un elemento dado E como

$$X_R(E) = \frac{V_{int}}{N_{citas}(E)} \quad (1),$$

donde V_{int} es la calidad intrínseca de la aportación y $N_{citas}(E)$ es el número de citas (o, de forma más general, el impacto, definido como se estime oportuno) para el elemento E . Por supuesto, la definición de calidad intrínseca es problemática, pero ello no es decisivo en este momento del razonamiento. Imaginemos ahora dos trabajos de similar calidad intrínseca (V_{int}) para los elementos E_1 y E_2 . La ecuación (1) nos da la siguiente relación:

$$\alpha \approx X_R(E_1) \cdot N_{citas}(E_1) = X_R(E_2) \cdot N_{citas}(E_2) \quad (2).$$

Por tanto, las relevancias relativas para ambos elementos 1 y 2 se relacionan según la siguiente proporción inversa:

$$\frac{X_R(E_1)}{X_R(E_2)} = \frac{N_{citas}(E_2)}{N_{citas}(E_1)} \quad (3).$$

Así, por ejemplo, para dos aportaciones de similar calidad, una relativa al berilio y otra acerca del calcio, encontramos que, según la Tabla 1,

$$\frac{X_R(Be)}{X_R(Ca)} = \frac{N_{citas}(Ca)}{N_{citas}(Be)} = \frac{718.864}{21.042} \approx 34 \quad (4).$$

Por tanto, muy probablemente el trabajo sobre el berilio aporta 34 veces más información nueva que la contribución sobre el calcio.

Independientemente del carácter aproximado de este análisis y sin ánimo de imponer una valoración excesiva del número de citas (y sus indicadores bibliométricos derivados), pensamos que esta norma se puede aplicar a otros ámbitos de la investigación: una aportación en un campo relativamente poco explorado tendrá más posibilidades de contribuir al avance del conocimiento que una publicación (por buena y rigurosa que sea) realizada en un ámbito científico más trillado, en el que probablemente será un documento más a añadir a la montaña de trabajos ya publicados.

Bibliografía

- [1] E. Scerri, The Periodic Table, Its Story and Its Significance, Oxford University Press, Oxford, 2019.
- [2] La tabla periódica de los elementos químicos, Vol. 1, J. Elguero Bertolini, P. Goya Laza, P. Román Polo, Ed. Catarata, Colección ¿Qué sabemos de?, 2019, pp 1–136.