

Evolución del ordenamiento periódico de los elementos. Una propuesta poco recordada: la Tabla Periódica del Dr. Luis Alberto Bravo

Prof. Mónica Franco ¹ - Prof. Manuel Nieto ¹

¹ Instituto de Profesores "Artigas". Montevideo - Uruguay

monifranco28@gmail.com - mnietoes@gmail.com

Resumen (abstract)

Tomando en consideración que el año 2019 ha sido denominado el año Internacional de la Tabla Periódica se presenta a la comunidad científica y a los educadores un ordenamiento de los elementos químicos poco conocido, publicado por primera vez hace 45 años. El ordenamiento que se presenta fue elaborado por el Dr. Luis Alberto Bravo (Uruguay, 1910-1991) y posee características que aún permiten considerarlo vigente y de importante valor científico y pedagógico.

1. El concepto de elemento químico

Desde hace miles de años se conocen varios de los elementos que se encuentran en la naturaleza en estado libre. Por ejemplo el hierro, la plata, el oro, el cobre, el carbono y el azufre ya eran conocidos por el hombre desde la antigüedad. Estos elementos fueron utilizados por nuestros antepasados prehistóricos para la fabricación de objetos que han sido empleados con diferentes finalidades, entre otras: decoración, pinturas y elaboración de herramientas.

El estudio de cada uno de los elementos resulta de especial relevancia y utilidad para la química. Sin embargo el concepto de elemento químico resulta complejo y suele confundirse con el de sustancia simple. Puede realizarse un abordaje del mismo a diferentes niveles: macroscópico (fenomenológico), corpuscular y también simbólico.

En los documentos de IUPAC se encuentran dos acepciones para elemento químico:

1. *"Una especie de átomos; todos los átomos con el mismo número de protones en el núcleo atómico".*
2. *"Una sustancia pura compuesta por átomos con el mismo número de protones en el núcleo atómico. Algunas veces este concepto se denomina sustancia simple distinguiéndolo de elemento tal como se define en 1, pero generalmente el término elemento químico se emplea para ambos conceptos".*

La primera de las acepciones corresponde al abordaje conceptual a nivel corpuscular. En la segunda se encuentra una superposición de los niveles macroscópico y corpuscular, lo que conduce a superponer los conceptos de elemento y de sustancia simple.

A nivel simbólico podemos afirmar que cada elemento se representa por un determinado símbolo que lo identifica y lo diferencia de todos los demás.

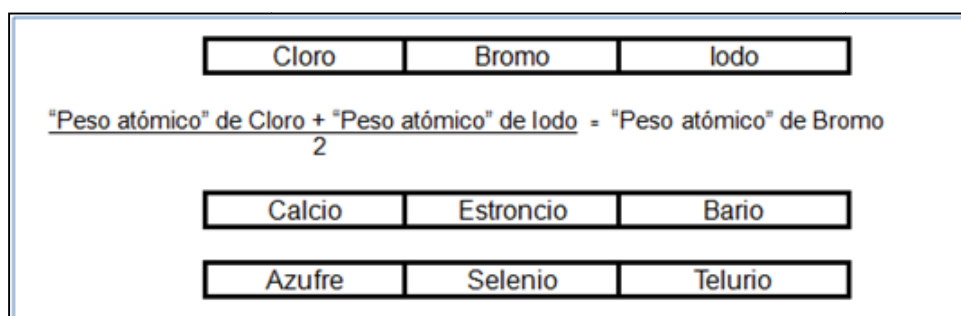
2. Ordenamiento de los elementos

En la medida en que se fueron descubriendo cada vez más elementos químicos resultó necesario organizar adecuadamente la información acerca de los mismos. Cuando se examinan sus propiedades físicas y químicas se encuentran similitudes y diferencias, que han permitido ordenarlos con diferentes criterios. En general, los autores de estos ordenamientos han tenido en cuenta propiedades físicas y/o químicas de las sustancias simples más abundantes que los elementos forman. Asimismo, también en varios trabajos -especialmente en los más recientes- se toman en cuenta algunas propiedades atómicas.

En el presente trabajo se mencionan solamente algunos de los numerosos ordenamientos de los elementos que se han propuesto a lo largo de la historia de la Química y se consideran de especial relevancia para los autores.

2.1. Las tríadas de Döbereiner

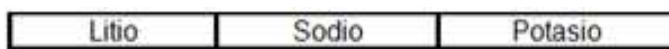
En 1829 el químico alemán Johann Wolfgang Döbereiner (1790 - 1849) observó que el cloro, el bromo y el yodo no solamente poseen comportamiento químico semejante sino que, además, el "peso atómico" del bromo tiene aproximadamente un valor intermedio entre el del cloro y el del yodo. Encontró otros dos grupos de tres elementos que poseen propiedades químicas semejantes: calcio, estroncio, bario; y azufre, selenio y telurio. En ambos grupos el "peso atómico" del segundo elemento posee un valor intermedio al de los otros dos.



Döbereiner llamó a estos conjuntos de elementos tríadas y se dedicó a buscar otras. Sin embargo dado que pocos de los elementos conocidos en aquel momento podían ser agrupados en tríadas

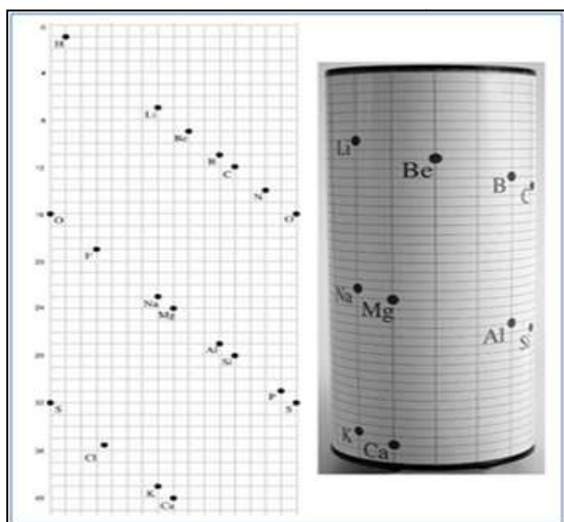
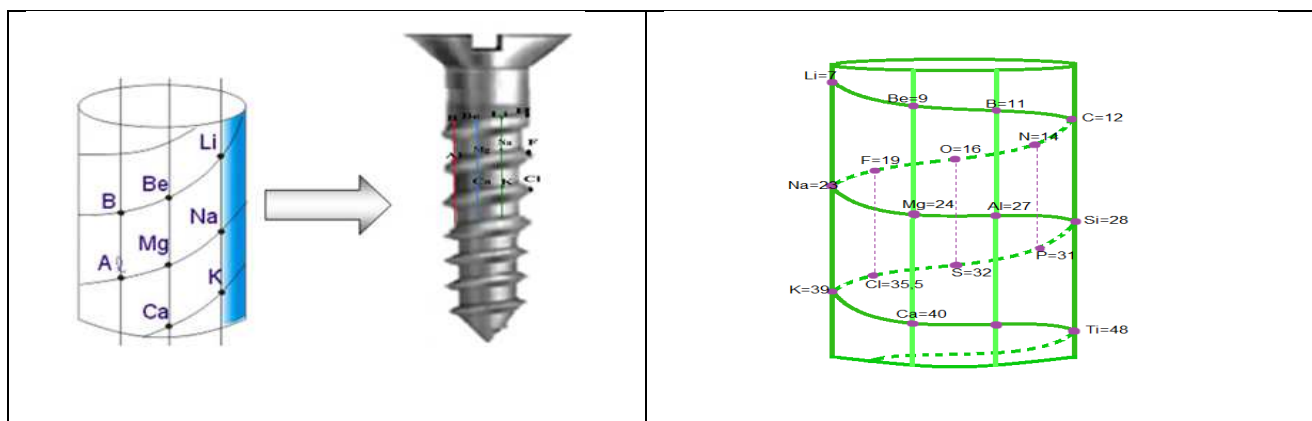
las investigaciones al respecto fueron dejadas de lado ya que no se consideraron de interés por la comunidad científica de la época.

Otro ejemplo de tríada:



1.2. El caracol telúrico de Chancourtois

En 1863 un geólogo francés, Alexandre-Émile Béguyer de Chancourtois, propone un ordenamiento de los elementos que se conoce como caracol, hélice o tornillo telúrico. El caracol telúrico... está constituido por una cinta de papel que se enrolla en forma de cilindro o tornillo y contiene a los elementos conocidos hasta el momento dispuestos por “peso atómico” creciente. Los elementos con propiedades químicas similares quedan alineados verticalmente.



Chancourtois fue el primer científico en observar que, con determinada periodicidad, las propiedades químicas de los elementos se repiten (ejemplo: Li, Na, K), es decir, son función periódica de sus “pesos atómicos”. El nombre de caracol telúrico se debe a que el telurio se encuentra en el centro del ordenamiento original.

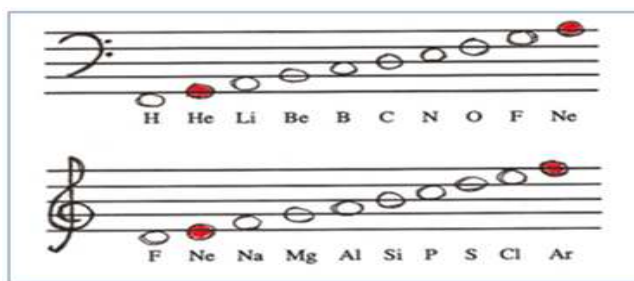
1.3. Las octavas de Newlands

En 1864 John Alexander Newlands (Inglaterra) ordena los 62 elementos conocidos hasta el momento por “pesos atómicos” crecientes. Sin considerar al hidrógeno, los siete elementos

siguientes (litio, berilio, boro, carbono, nitrógeno, oxígeno y flúor) poseen diferentes propiedades físicas y comportamiento químico distinto. A su vez algo similar ocurre con los siete elementos siguientes (sodio, magnesio, aluminio, silicio, fósforo, azufre y cloro) pero el primero del primer conjunto de elementos tiene características físicas y químicas semejantes a las del primero del segundo conjunto (octavo elemento del ordenamiento realizado). Lo mismo ocurre con el segundo elemento de cada conjunto y así sucesivamente.

Li	Be	B	C	N	O	F
Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl

Newlands observa que el octavo elemento a partir de uno determinado posee propiedades semejantes al primero y a esta regularidad la denomina ley de las octavas. El nombre surge de una comparación con las octavas musicales.



Dado que a partir del calcio la ley deja de cumplirse este ordenamiento no resultó de mayor interés y dejó de ser utilizado al poco tiempo. Una vez que se descubre la familia de los gases nobles la repetición de propiedades pasa del octavo al noveno elemento químico y por lo tanto en lugar de octavas debería hablarse de novenas.

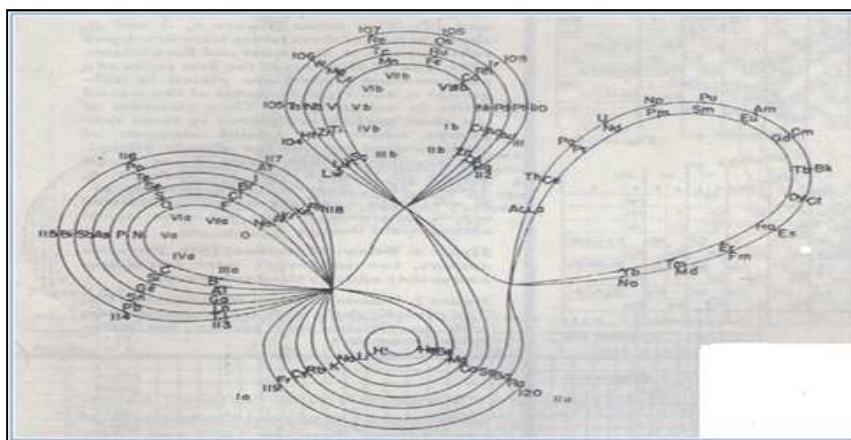
2.2. La tabla periódica de Mendeleiev y Meyer

En 1869 el químico ruso Dmitri Ivánovich Mendeleiev basándose en la periodicidad de las propiedades químicas y en forma simultánea el químico alemán Lothar Meyer basándose en la periodicidad de las propiedades físicas, publicaron sus ordenamientos de los elementos en forma de tablas. Ambos ordenamientos resultan ampliamente coincidentes, con columnas que contienen a los elementos cuyas propiedades físicas y químicas mantienen semejanzas. Por lo tanto podríamos considerar que se trata de una misma tabla elaborada simultáneamente en lugares distintos y en base a puntos de partida diferentes. Si bien al hacerse referencia a esta tabla deberían mencionarse los nombres de ambos científicos, ha prevalecido en la historia de la química el nombre del primero de ellos. Dado que esta tabla es ampliamente conocida no se llevará a cabo una descripción de la misma en el presente trabajo.

3. Algunos ordenamientos... escasamente conocidos

3.1. Ordenamiento periódico de Charles Janet

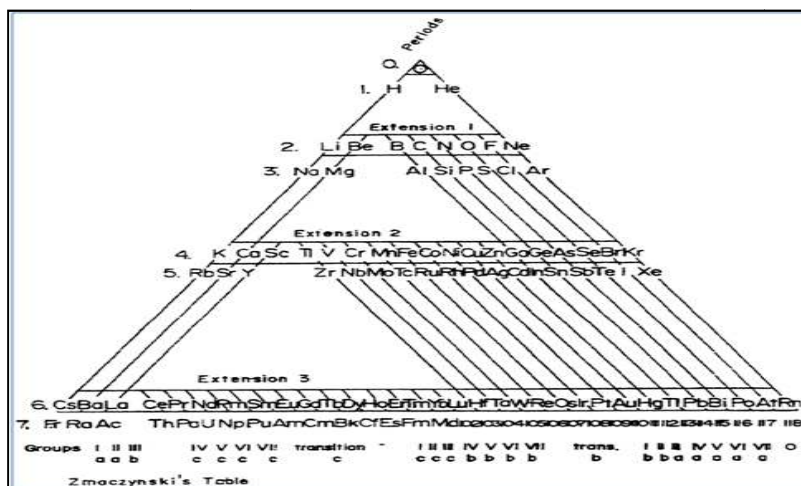
En el año 1928 el ingeniero francés Charles Janet publicó varios ordenamientos periódicos de elementos químicos. Uno de ellos posee la forma de una espiral enrollada en cuatro secciones. Las diferentes secciones corresponden a lo que actualmente se designan como bloques de la tabla periódica (s, p, d, f). Los elementos alineados pertenecen a un mismo grupo o familia. Las secciones ubicadas en la parte inferior izquierda corresponden a los elementos representativos



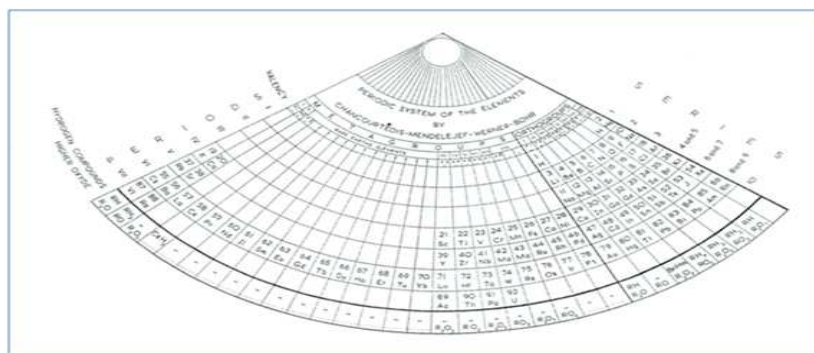
Types of Graphic Representation of the Periodic System of Chemical Elements (Manzur, E., 1957). Recuperado en: <https://digital.sciencehistory.org/works/s4655h213> (05/12/2018)

3.2. Ordenamiento periódico de Emil Zmaczynski

En 1937 el químico ruso Emil Zmaczynski publica un ordenamiento periódico en forma de triángulos superpuestos. La base de cada triángulo corresponde a un período. Los elementos de cada grupo se encuentran ubicados en uno de los lados de cada uno de los triángulos.

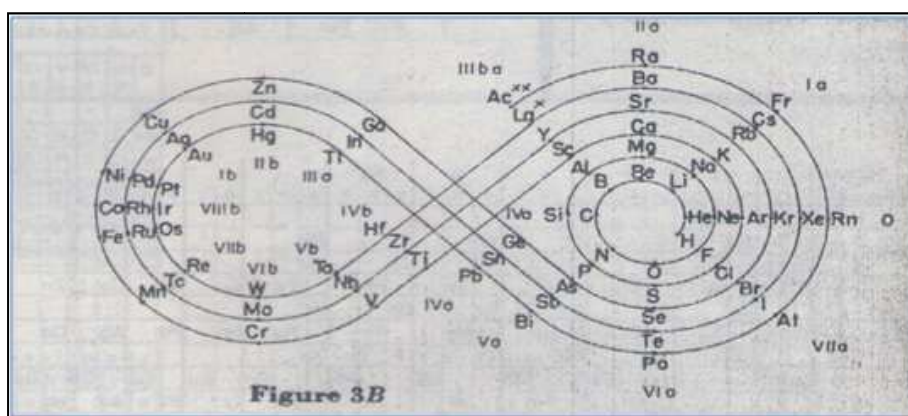


El mismo autor propone posteriormente una reestructura del ordenamiento anterior, en forma de abanico.



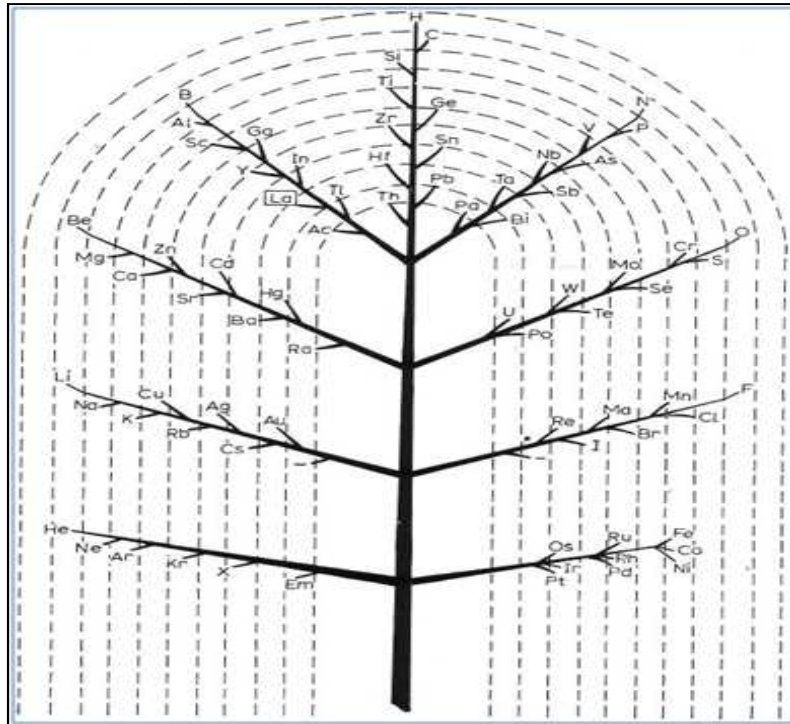
3.3. Ordenamiento periódico de Friedrich Kipp

En 1942 el alemán Friedrich Kipp propone un ordenamiento en base a una espiral con dos secciones. En la sección derecha se ubican los elementos representativos y en la sección izquierda se ubican los elementos de transición. En este ordenamiento no aparecen las denominadas tierras raras.



3.4. El árbol de los elementos de Müller

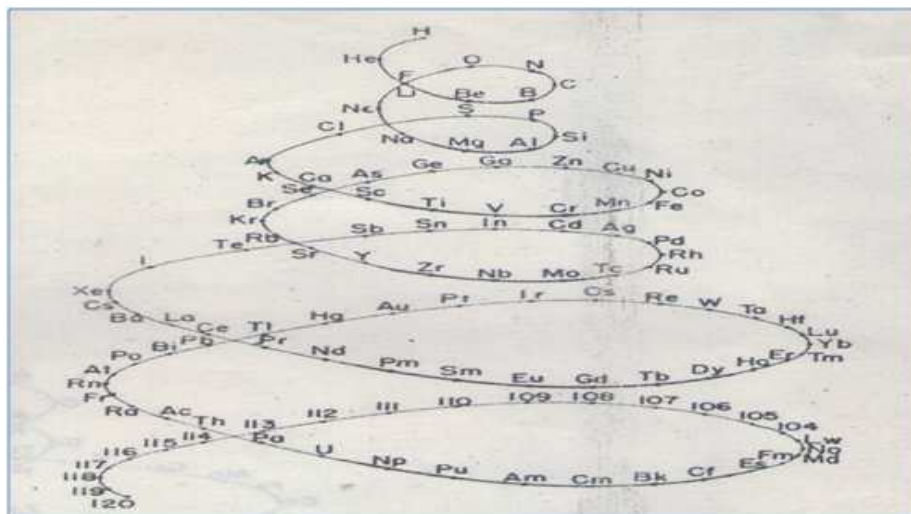
En el año 1944 el químico suizo Paul Müller propone una representación de los elementos químicos en forma de árbol, tomando como referencia el árbol de la vida del naturalista inglés Charles Darwin.



Cada rama del árbol contiene a una familia de elementos. Los elementos representativos se encuentran hacia uno de los lados de cada rama y los de transición se encuentran hacia el otro lado, a excepción de la rama inferior derecha que únicamente contiene elementos de transición (grupo VIIIB o grupos 8, 9 y 10 de la tabla periódica que se utiliza en la actualidad).

3.5. La espiral abierta de Ian Aucken

En 1951 un químico inglés, Ian Aucken, propone un ordenamiento periódico en forma de espiral abierta. Los elementos de una misma familia quedan alineados aunque la visualización de los mismos resulta difícil.



3.6. Torre de los elementos de Therald Möeller

En 1969 el norteamericano Therald Möeller presenta un ordenamiento que se conoció como "Torre de los elementos". Las dos filas inferiores corresponden al bloque s de la Tabla, las seis siguientes corresponden al bloque p y por encima se ubican los elementos de los bloques d y f.

LA TORRE DE LOS ELEMENTOS

ESTADO FÍSICO

- SÓLIDO
- LÍQUIDO
- GAS
- PRODUCTO NATURAL
- PRODUCTO ARTIFICIAL

3.7. Tabla periódica de Albert Tarantola

En 1970 Albert Tarantola (Francia) toma como referencia una de las tablas elaboradas en 1928 por Charles Janet. Modifica la ubicación de los cuatro primeros elementos y obtiene una distribución que sigue el orden del llenado de los orbitales. La misma se conoce como tabla "de escalón izquierdo".

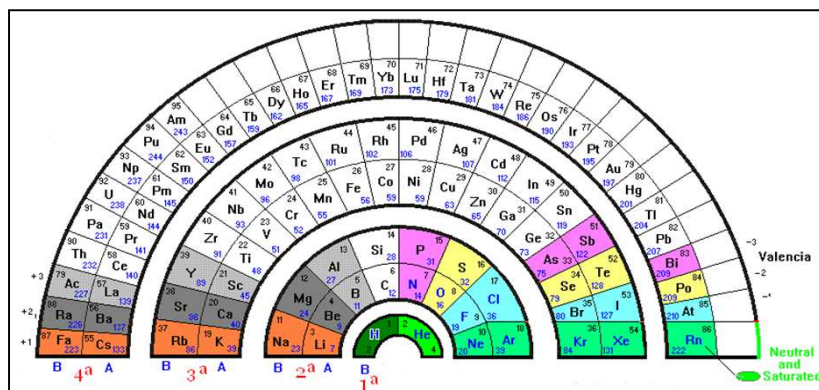
PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS
Based on the electronic structure of atoms
Janet (1929), Tarantola (2000), etc.

Orbitales:

- 1s
- 2s
- 2p
- 3s
- 3p
- 4s
- 3d
- 4p
- 5s
- 4d
- 5p
- 6s
- 4f
- 5d
- 6p
- 7s
- 5f
- 6d
- 7p
- 8s

3.8. Abanico de los elementos de Fernando Mancebo

En 1992 el español Fernando Mancebo propone un ordenamiento en forma de abanico. Cada una de las secciones del mismo corresponde a un período.



4. La Tabla Periódica en espiral del Dr. Luis Alberto Bravo

4.1. Aspectos históricos

Luis Alberto Bravo (Uruguay) nace en 1910 y fallece en el año 1991. Cursa estudios en la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de la República Oriental del Uruguay, recibiendo el título de Químico Farmacéutico en el año 1930, con apenas 20 años de edad. Posteriormente es becado durante dos años en la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Buenos Aires, obteniendo el título de Doctor en Química en el año 1932, a una edad de 22 años. Dedicó gran parte de su vida a la investigación y a la docencia en Química tanto a nivel universitario como así también en Educación Secundaria, desempeñándose primero como profesor y después como Inspector de Química hasta la culminación de su trayectoria académica.

Tomando como referencia un trabajo de Gordon Irwin (EEUU, 1939) el Dr. Bravo realiza estudios sobre el ordenamiento de los elementos en forma de espiral desde el año 1947. Este ordenamiento permite zonalizar diferentes propiedades de los elementos favoreciendo y simplificando el estudio de los mismos.

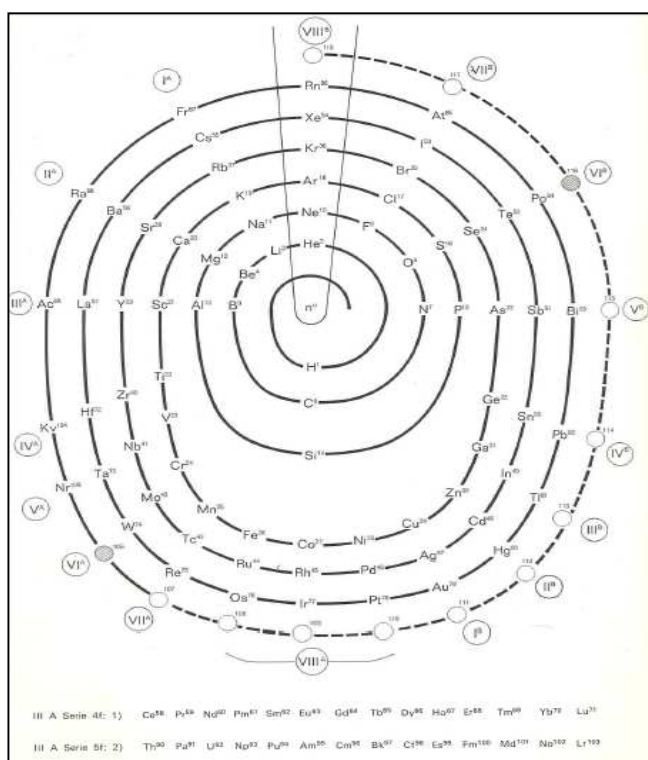
La tesis de partida del Dr. Bravo es *“la naturaleza por doquier se desarrolla en espiral”*. En un artículo publicado en la revista *Correo de la Unesco* el Dr. Bravo afirma que la forma en espiral se presenta tanto a escala de lo muy pequeño como de lo extremadamente grande. Por ejemplo encontramos esta forma en el nautilus (una caparazón marina microscópica) o en las galaxias. Bravo establece (1981) que *“aunque se ignora cómo se generan las espirales en la materia viva,*

se ha comprobado que en las estructuras embrionarias las células se disponen radialmente en las primeras segmentaciones, pero a partir de la tercera ya se distingue la forma en espiral”. También afirma “los huracanes revelan en las fotografías aéreas su forma en espiral”.

La primera publicación de la Tabla Periódica en Espiral se realiza en 1974 por la Unidad de Divulgación y Cultura de Enseñanza Secundaria del Uruguay y por la revista Correo de la Unesco. En 1978 se publica en español y en inglés por Editorial Reverté con varias reediciones mejoradas en los años siguientes.

4.2. Características de la Tabla Periódica en espiral del Dr. Bravo

El centro del ordenamiento de los elementos en espiral, no corresponde a un elemento químico sino al neutrón, partícula subatómica que resulta inestable fuera del núcleo con un período de semidesintegración de 11 minutos 2 segundos, dando como productos de su desintegración un protón, un electrón, un neutrino y energía bajo forma de rayos gamma. De esta forma estarían presentes todas las partículas constituyentes de los átomos de los diferentes elementos químicos.



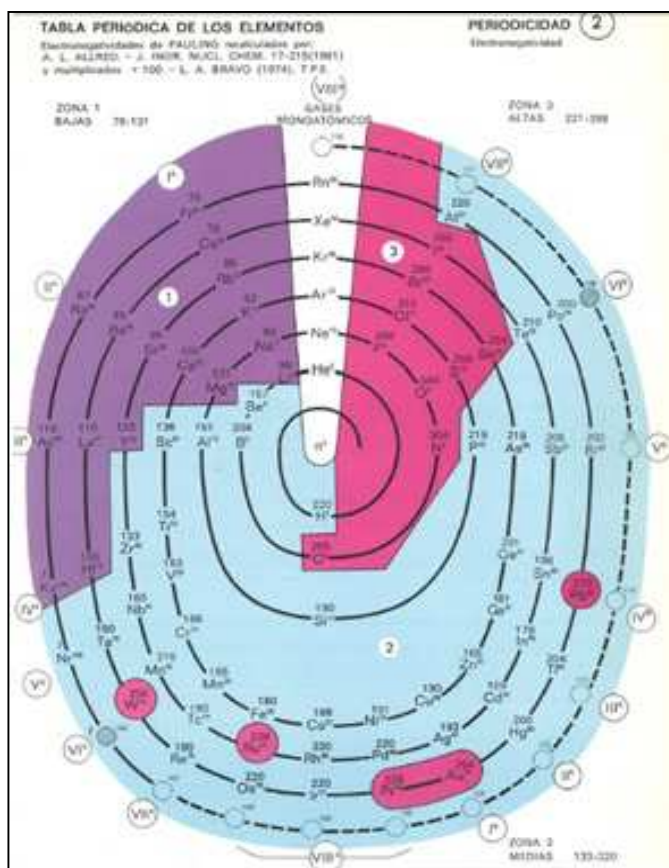
La Tabla Periódica en espiral posee un eje central determinado por los gases monoatómicos y el neutrón. El espiral se desarrolla en el sentido contrario a las agujas del reloj.

Los elementos representativos y de transición quedan alineados por familias. Los elementos de transición interna se ubican fuera del ordenamiento en espiral, por debajo del mismo y en dos filas, tal como en la Tabla Periódica actual.

El Dr. Bravo considera que su tabla en espiral “es un sistema fácil y coherente de notación y nomenclatura de la Química Inorgánica, se aprende sin esfuerzo...”. Añade, además, que “el hecho repetido...de que los alumnos hacen sus propias tablas ha dinamizado el aprendizaje de la Química, que resultaba tedioso al no poder graficarlo y realizarlo. Lo más importante a mi juicio es que hoy día el alumnado construye, al construir su espiral, su propio sistema de referencia y reflexión”.

4.3. El estudio de las propiedades zonales

Uno de los más importantes aportes del ordenamiento en espiral de los elementos químicos es el estudio realizado por el Dr. Bravo acerca de las variaciones zonales de diferentes propiedades atómicas, tales como la electronegatividad (figura 7) o la configuración electrónica.

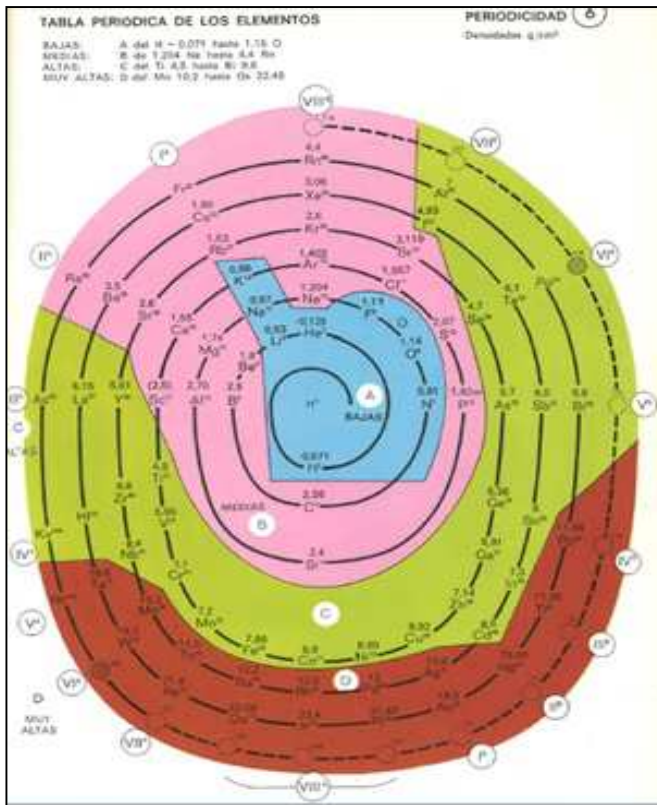


Periodicidad en valores de electronegatividad:

La zona 1 (color violeta) contiene a los elementos que poseen bajos valores de Electronegatividad.

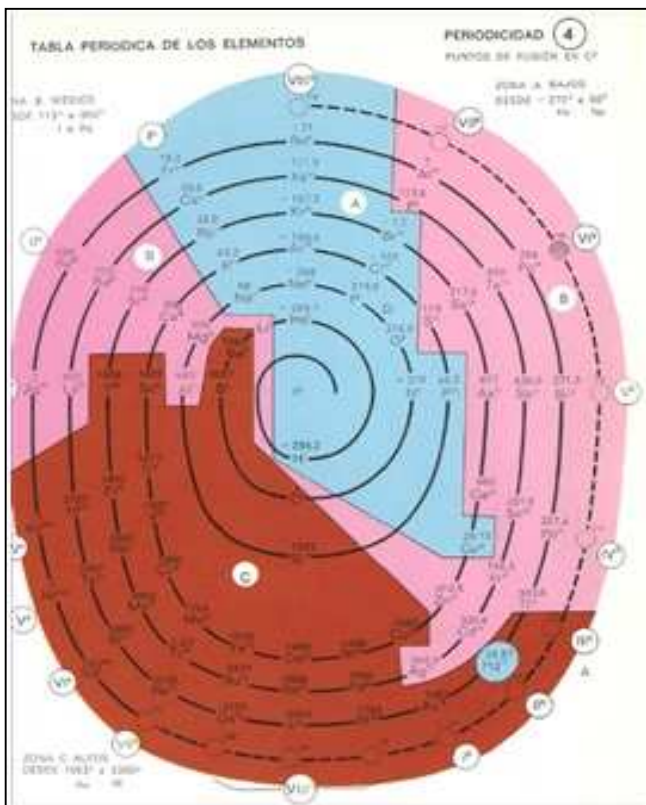
La zona 2 (color celeste) contiene a los elementos con valores medios y la zona 3 (color rojo) corresponde a los elementos con valores más altos de Electronegatividad.

El Dr. Bravo también realizó estudios acerca de la zonalización de diferentes propiedades físicas de las sustancias simples más abundantes de cada uno de los elementos, como por ejemplo: densidades (figura 8), puntos de fusión (figura 9) y puntos de ebullición.



Periodicidad en valores de densidad:

La zona A (celeste) contiene a los elementos de baja densidad (entre 0,071 y 1,15 g/cm³). La zona B (color rosado) corresponde a valores medios (entre 1,20 y 4,40 g/cm³). La zona C (verde) corresponde a valores altos (entre 4,50 y 9,80 g/cm³) y la zona D (marrón) a valores muy altos de densidad (entre 10,20 y 22,48 g/cm³).



Periodicidad en valores de puntos de fusión:

En la zona A (celeste) se encuentran los elementos de bajos puntos de fusión (entre -270 y 98°C). La zona B (color rosado) contiene elementos de valores medios (entre 113 y 960°C). La zona C (marrón) contiene elementos de altos puntos de fusión (entre 1063 y 3380°C).

Dentro de las propiedades con variaciones zonales el Dr. Bravo además incluyó diversas propiedades químicas y elaboró tablas de óxidos, hidruros y de clasificación geoquímica de los elementos.

Reflexiones finales

En varios aspectos de la vida científica, de diversas ramas del estudio de la naturaleza, los seres humanos hemos tratado de buscar regularidades, agrupar sistemas, objetos, etc. en base a características similares, a fin de sistematizar su estudio. Los variados ordenamientos de los elementos que hemos presentado ponen de manifiesto diversos intentos en relación a las propiedades de los elementos así como de las sustancias simples más abundantes que ellos conforman. Varios de ellos han sido elaborados sobre la base de trabajos anteriores, mejorando algunos aspectos deficientes que se habían detectado; pero todos ellos demuestran importantes esfuerzos y evidencian la gran creatividad en el pensamiento científico.

La tabla periódica en espiral puede parecer quizás poco práctica, especialmente debido al manejo extensivo de la tabla de Mendeleiev y Meyer, al que estamos acostumbrados. Sin embargo evidencia una perspectiva original y creativa que surge como una alternativa innovadora. Su consideración en los cursos de química de nivel medio o superior puede constituir el punto de partida para el desarrollo de actividades didácticas de alto valor para el logro de aprendizajes de calidad en relación a los elementos y sus propiedades físicas y químicas.

Los alumnos de Formación Docente y de Bachillerato a quienes se les ha presentado la Tabla Periódica en espiral en los últimos años, han dado opiniones positivas acerca de la misma, sobre todo en cuanto a las ventajas que brinda para el estudio y la comprensión de diferentes propiedades zonales. Algunos incluso manifestaron inquietudes con respecto a la posibilidad de dar continuidad a los estudios correspondientes de modo de llegar a elaborar Tablas con distribución zonal de otras propiedades físicas o químicas no consideradas en su momento por el Dr. Bravo. El trabajo no está completo ni acabado sino a la espera de investigadores inquietos y motivados que deseen continuar con el mismo en el futuro.

Referencias bibliográficas

- Bravo, L. A (1978). *Tabla periódica en espiral y propiedades zonales*. Editorial Reverté. Barcelona.
- Chancourtois, A. E. B. (1863). *Periodic Table*. Recuperado en <https://www.studocu.com/en/document/universidad-autonoma-de-ciudad-juarez/quimica/summaries/historia-de-la-tabla-periodica/3001517/view>
- Mazurs, E. (1966). Ups & downs of the periodic table. *Chemistry*, 39 (7).
- Van Spronsen, J. W. (1969). *The Periodic System of Chemical Elements: A History of the First Hundred Years*. Elsevier. Amsterdam.
- IUPAC (2006). *Compendium of Chemical Terminology - the Gold Book*. Recuperado en <http://www.goldbook.iupac.org/>.