



# *QUÍMICA APLICADA 2*

## **Experimentos y experiencias en Química**

Denis Alvarez Contreras, Diana Elisa Andrade, Olga Liliana Anguiano, Miria Teresita Baschini, Raúl Jorge Barbagelata, Axel Cordoba, María de la Victoria de la Fuente, María Clara Dominguez Pérez, Paola Natalia Esteves, Nanci Mariel Farías, Ana Ferrari, Vilma Leonor Fuentes, Israel Germán Aristóteles Funes, Evelyn Gamboa, Daniel Alejandro García, Nadia Gómez Sbrolla, Felipe Angel LaVaccara Sandoval, María Daniela Ligüera, Ignacio Agustín Londero, Ángela Andrea Maggio, Alejandra Mierez, Elira Miranda, Matías Joaquín Montenegro Garofalo, María Eugenia Parolo, Marcos Emanuel Peralta, Vanina Rodríguez Amejjide, Maria Eugenia Roca Jalil, Edelweiss Alicia Rui, Micaela Andrea Sánchez, Victoria Guadalupe Sánchez, Mónica Savini, Silvana Andrea Silva, Carlos Orlando Soria.

NEUQUÉN, 2020

Soria, Carlos Orlando

Química aplicada 2 : experimentos y experiencias en química / Carlos Orlando Soria ; compilado por Carlos Orlando Soria ; María Eugenia Roca Jalil ; Miria Baschini ; editado por Carlos Orlando Soria ; María Eugenia Roca Jalil ; Miria Baschini. - 1a ed ilustrada. - Neuquén : Carlos Orlando Soria, 2020.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga ISBN 978-987-86-5596-3

1. Química Experimental. 2. Experimentos. 3. Técnicas de Laboratorio. I. Roca Jalil, María Eugenia, comp. II. Baschini, Miria, comp. III. Título. CDD 542.8

297 p. ; 21 x 15 cm.

Fotos de portada e interiores: AAVV

Prólogo: Dr. Andrés Raviolo

Este texto puede descargarse sin cargo del Repositorio Digital Institucional de la U. N. del Comahue.

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio, sin el permiso expreso de los editores.

Impreso en Argentina - Printed in Argentine.

Ediciones  
**MirEuCa** 

## Concurso “Hay Tabla”

El año 2019 fue declarado por la Asamblea General de las Naciones Unidas como el año internacional de la Tabla periódica de los elementos al conmemorarse los 150 años de su publicación en 1869 por el químico ruso Dmitri Mendeléyev. Con motivo de celebrar este evento y en el marco de las 4tas Jornadas de Investigación, Extensión y Posgrado de la Facultad de Ingeniería (FAIN) de la Universidad Nacional del Comahue se lanzó el concurso “Hay Tabla”, destinado a estudiantes de la FAIN de todos los años y carreras.

La FAIN cuenta con 9 carreras de grado de las cuales, seis son ingenierías: eléctrica, electrónica, química, en petróleo, civil y mecánica; dos son profesorados: en química y física y una licenciatura en Ciencias geológicas, todas ellas tienen química como materia del ciclo básico. En ese sentido, la propuesta consistió en diseñar una versión original e innovadora de la tabla periódica de los elementos pensada en el marco de la carrera que cursaban los estudiantes dentro de la FAIN. En este libro compartimos con ustedes las tablas ganadoras del concurso donde se puede entender el punto de vista de los estudiantes en su formulación.

La tabla periódica es el alma de la química una herramienta fundamental en la enseñanza y el aprendizaje de la misma y de otras muchas disciplinas. Es un instrumento de diseño científico exquisito tan poderoso que no sólo dispone y ordena los elementos de modo que nos permite conocer el comportamiento y variación de las propiedades físicas y químicas de los elementos sino que también es y fue a lo largo de la historia una herramienta predictiva, una tabla mágica, una “tabla periódica de cristal”.

Actualmente la tabla periódica cuenta con 118 elementos, de esta manera se ha completado la fila, el periodo número 7, pero quién puede afirmar que este camino ha terminado... como dijo el poeta Antonio Machado: “caminante no hay camino, se hace camino al andar”.

Dra. Victoria Sánchez  
Secretaria de investigación  
Facultad de Ingeniería

## **16. Tabla periódica de los elementos asociada a Geología.**

**D. G. B. Alvarez Contreras<sup>a</sup>, A. L. Cordoba<sup>a</sup>.**

**Palabras clave:** Tabla periódica, geología, elementos químicos, sistema cristalino, clasificación de Goldschmidt.

### **Introducción**

La construcción de la tabla periódica es un ejemplo de imbricación de distintas ciencias y tecnologías, con aportaciones multidisciplinares en lo que actualmente podríamos calificar como STEAM (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics). Se trata de una obra colectiva, realizada con el esfuerzo de multitud de personas de distintos países y generaciones. Es un caso de desarrollo científico donde se ha desempeñado una importante labor. La historia de la construcción de esta es un ejemplo de cómo se desarrolla la ciencia. El resultado es apasionante; es difícil imaginar en cualquier área del saber otro esquema tan fundamentado y con tanta información útil recogida en una tabla que entra en una hoja, lo que la transforma en un importante recurso educativo.

### **Principios de ordenamiento y clasificación en la tabla**

Los elementos están organizados según su número atómico y configuración electrónica, en filas horizontales, llamadas períodos,

---

<sup>a</sup>Facultad de Ingeniería-Departamento de Geología y Petróleo- Universidad Nacional del Comahue.

## 16. La tabla periódica I - Alvarez Contreras y Cordoba.

---

y en columnas verticales llamadas grupos o familias como se muestra en el Anexo. La Tabla Periódica moderna está formada por los 118 elementos que se conocen (más bien se admiten) actualmente y está constituida por siete periodos (filas) y 18 grupos (columnas); además se representa una pequeña tira con dos filas de 10 elementos simplemente por razones prácticas: estos son las llamadas tierras raras, formada por los grupos de elementos lantánidos y actínidos.

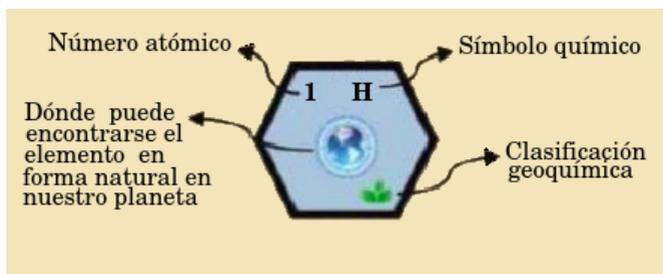


Figura 16.1. Representación de los símbolos y forma de un elemento referencia en la tabla periódica.

Además, cada elemento cuenta con novedosas e interesantes caracterizaciones (geoquímica, radiactividad, sistema cristalino, fuente, etc.) que serán tratadas en los siguientes ítems:

### 1. Clasificación geoquímica de Goldschmidt.

Con base en su afinidad geoquímica los elementos fueron clasificados por Goldschmidt en litófilos, calcófilos, siderófilos, atmofilos y biófilos, siendo su carácter geoquímico dependiente de su configuración electrónica. Por otra parte, es importante considerar que algunos elementos presentan una afinidad geoquímica variable según el ambiente, siendo los principales factores la presión, temperatura y fugacidad del oxígeno (ambiente oxidante o reductor).

## 16. La tabla periódica I - Alvarez Contreras y Cordoba.

---

Los elementos litófilos se vinculan con el oxígeno mediante enlace iónico y suelen estar presentes en las redes cristalinas de los silicatos.

Los elementos calcófilos se vinculan con el azufre por enlace covalente, formando sulfuros que suelen ser la mena de estos elementos metálicos.

Los elementos siderófilos son metales afines al hierro, formando asociaciones mediante enlace metálico, encontrándose comúnmente como elementos nativos.

Los elementos atmófilos son gases que se presentan principalmente en la atmósfera, encontrándose entre ellos los gases nobles.

Los elementos biófilos son los principales constituyentes de los seres vivos, siendo afines a formar estructuras orgánicas.

### 2. Distribución de elementos en la Tierra.

#### ■ Corteza.

La corteza terrestre es la capa más superficial del planeta y constituye aproximadamente el 0.5 % de la masa total de la Tierra, la misma se divide en corteza continental y oceánica. La corteza continental presenta un espesor promedio de 40 km y está constituida principalmente por rocas ígneas félsicas, siendo el cuarzo, plagioclasa (sódica), feldespatos potásicos, biotita y muscovita los minerales mayores en estas rocas. Los elementos principales en base al porcentaje de óxidos son, según la bibliografía corriente, 57 %  $\text{SiO}_2$ , 16 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 9 %  $\text{FeO}$ , 7.4 %  $\text{CaO}$ , 5 %  $\text{MgO}$ , 3.1 %  $\text{Na}_2\text{O}$ , 1 %  $\text{K}_2\text{O}$ . La corteza oceánica posee un espesor promedio de 8 km y está conformada por rocas ígneas maficas, siendo el clinopiroxeno, plagioclasa (cálcica), anfíbol y

ortopiroxeno los minerales más comunes en estas rocas. Los elementos principales en base al porcentaje de óxidos son 50.5 %  $\text{SiO}_2$ , 15 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 11.3 %  $\text{CaO}$ , 10.5 %  $\text{FeO}$ , 7.6 %  $\text{MgO}$ , 2.7 %  $\text{Na}_2\text{O}$ , 1.6 %  $\text{TiO}_2$ , 0.1 %  $\text{K}_2\text{O}$ .

### ■ Manto.

El manto constituye el 66 % de la masa de la Tierra y la convección del mismo es el origen de la actividad tectónica en el planeta. Está constituido por rocas ultramáficas siendo los minerales mayoritarios el olivino y ortopiroxeno. Los elementos principales en base al porcentaje de óxidos son 46 %  $\text{SiO}_2$ , 38 %  $\text{MgO}$ , 7.5 %  $\text{FeO}$ , 4 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 3.2 %  $\text{CaO}$ , 0.3 %  $\text{Na}_2\text{O}$ , 0.2 %  $\text{TiO}_2$ . Este se encuentra enriquecido en  $\text{MgO}$  y empobrecido en elementos radioactivos (U, Th, tierras raras, entre otros),  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  y  $\text{K}_2\text{O}$  en relación a la corteza, lo cual es explicado en base a la serie de Bowen (Fig. 16.6).

### ■ Núcleo.

El núcleo constituye el 32.5 % de la masa de la Tierra, presenta una parte externa líquida responsable del geomagnetismo terrestre y una interna sólida conformada por una aleación de Fe-Ni, aunque también abundan los metales siderófilos.

## 3. Hidrogeoquímica.

### ■ Diagrama de Stiff.

Es un gráfico simple que permite caracterizar las aguas en base a los iones más importantes, conformado por tres

## 16. La tabla periódica I - Alvarez Contreras y Cordoba.

ejes horizontales estando a la derecha de cada uno los aniones ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{CO}_3^{2-}$ ) y a la izquierda los cationes ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  y  $\text{Fe}^{2+}$ ). Aunque  $\text{Na}^+$  siempre se confronta con  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  con  $\text{HCO}_3^-$  y el  $\text{Mg}^{2+}$  con  $\text{SO}_4^{2-}$ , no existe una disposición estipulada en cuanto al arreglo vertical. Por otra parte, las concentraciones están en meq/L y permiten una fácil observación del tipo de agua, mientras que al representarse en un mapa conducen a un rápido análisis de la variación espacial de la química de las aguas.

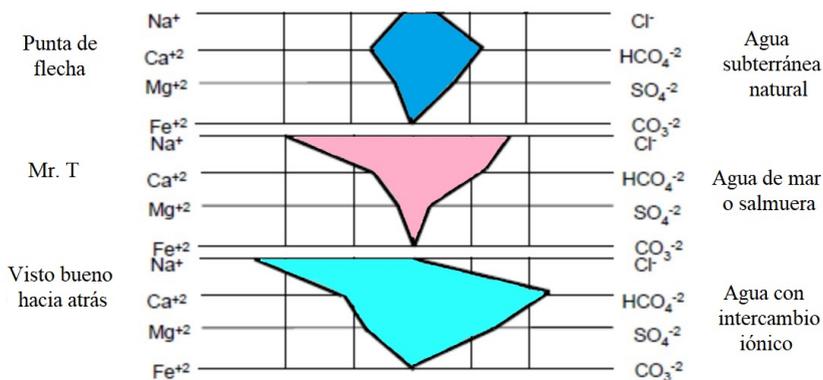


Figura 16.2. Diagrama de Stiff<sup>1</sup>.

### ■ Diagrama de Piper.

Está formado por dos triángulos equiláteros donde son introducidos los datos en porcentajes, estando en los vértices del izquierdo los cationes ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ )

<sup>1</sup> Recuperado de <https://aguaysig.com/los-diagramas-mas-usados-para-la-interpretacion-de-analisis-hidroquimicos/>.

y en los vértices del derecho los aniones ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ ). La información de los gráficos triangulares, se proyecta en un rombo central que permite representar la composición química del agua y además detectar mezclas de aguas, procesos de intercambio catiónico y procesos de disolución o precipitación de especies iónicas.

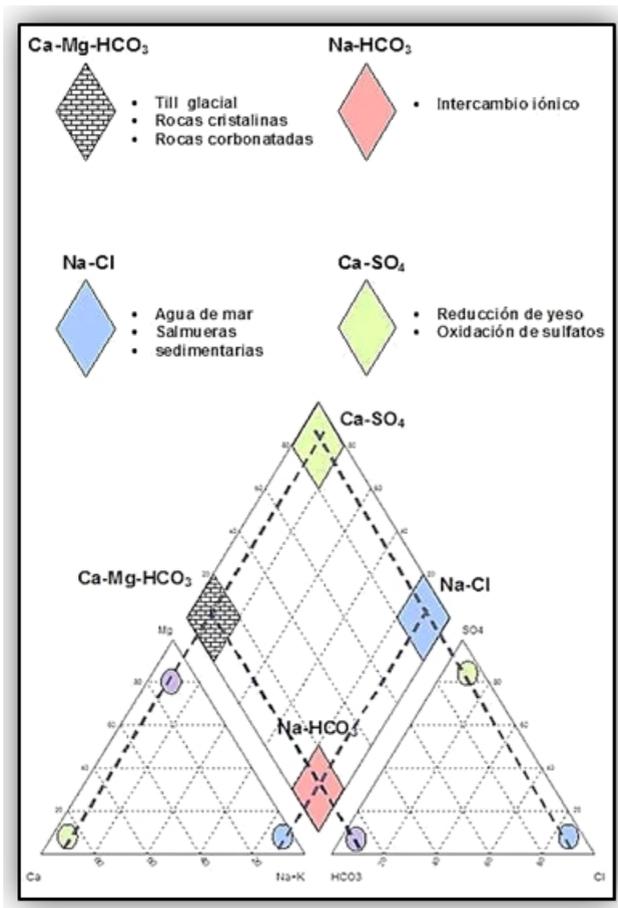


Figura 16.3. Diagrama de Piper<sup>2</sup>.

### 4. Elementos sintéticos y radiactivos.

En química, un elemento sintético es un elemento químico que no aparece de forma natural en la Tierra y sólo puede ser creado artificialmente. Hasta el momento se han creado 23 elementos sintéticos. Existen elementos radiactivos como el radio, polonio, uranio, etc. Estos tienen la propiedad de emitir espontáneamente partículas o rayos por desintegración del núcleo atómico.

### 5. Sistema cristalino.

Una de las novedades de esta tabla periódica es que cada elemento cuenta con la forma de su respectiva estructura cristalina. La estructura cristalina es la forma sólida de cómo se ordenan y empaquetan los átomos, moléculas, o iones. Estos son empaquetados de manera ordenada y con patrones de repetición que se extienden en las tres dimensiones del espacio. La estructura cristalina de un material (la disposición de los átomos dentro de un tipo dado de cristal) se puede describir en términos de su celda unitaria. La celda unitaria es una pequeña caja que contiene uno o más átomos dispuestos en 3 dimensiones. Las celdas unitarias apiladas en un espacio constituyen una red. En función de los parámetros de red, es decir, de las longitudes de los lados o ejes del paralelepípedo elemental y de los ángulos que forman, se distinguen siete sistemas cristalinos y sus respectivas redes de Bravais (Figura 16.4 de la página siguiente).

### 6. Serie de reacción de Bowen.

Las series de Bowen son principalmente un medio de categorizar los minerales de silicato ígneo más comunes mediante la temperatura a la cual cristalizan.

---

<sup>2</sup> Ver referencia anterior.

Sistema cristalino	Ejes y ángulos	Red espacial	Ejemplo
Cúbico	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Simple (sc) Centrado en las caras (fcc) Centrado en el cuerpo (bcc)	Carbono (diamante) Oro, Aluminio, Plomo, Plata $\alpha$ -Hierro
Tetragonal	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Simple (sh) Centrada en el cuerpo (bch)	Estaño (blanco) Indio, Martensita
Ortorrómico	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Simple Centrada en la base Centrada en las caras Centrada en el cuerpo	$\alpha$ -Azufre Galio
Hexagonal	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ \quad \gamma = 120^\circ$	Simple	Magnesio, Berilio, Zinc, Cadmio, Grafito
Monoclínico	$a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = 90^\circ \quad \beta \neq 90^\circ$	Simple Centrada en la base	$\beta$ -Azufre Sacarosa
Romboédrico	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$	Simple	Antimonio, Mercurio, Arsénico, Bismuto
Triclínico	$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	Simple	Ácido bórico Dicromato de potasio

Figura 16.4. Los siete sistemas cristalinos.

## 16. La tabla periódica I - Alvarez Contreras y Cordoba.

---

La representación gráfica de esta serie permite visualizar el orden en el cual los minerales se cristalizarán, siendo los minerales superiores los primeros en cristalizar en un magma que se encuentra en enfriamiento, y los inferiores los últimos en formarse. Bowen concluyó que el proceso de cristalización se basa en cinco principios:

- a) Mientras que la masa fundida se enfría, los minerales que cristalizan se mantendrán en equilibrio termodinámico con aquella.
- b) Con el pasar del tiempo y el incremento de cristalización de minerales, la masa fundida irá cambiando su composición.
- c) Los primeros cristales formados dejan de estar en equilibrio con la masa con nueva composición, y se disuelven nuevamente para formar nuevos minerales. Es por esto que existe una serie de reacciones, las cuales se desarrollan a medida que transcurre el enfriamiento.
- d) Los minerales más comunes de rocas ígneas pueden ser categorizados en dos series: una serie continua de reacción de los feldespatos, y una serie discontinua para los minerales ferromagnesianos (olivino, piroxeno, hornablenda y la biotita).
- e) Esta serie de reacciones supone que, de un único magma, todos los tipos de rocas ígneas pueden originarse por efecto de la diferenciación magmática.

Las series de Bowen en sí se representan con un diagrama en forma de «Y», con líneas horizontales interceptando varios puntos de la Y para indicar rangos de temperatura. La primera línea, visualizando de arriba hacia abajo, representa una temperatura de 1800 °C, y se manifiesta en forma de rocas ultramáficas. Esta es la primera sección, ya que no pueden

## 16. La tabla periódica I - Alvarez Contreras y Cordoba.

---

formarse minerales en temperaturas mayores a esta. La segunda sección comienza a los 1100 °C, y entre esta temperatura y la de los 1800 °C es en donde se forman algunos minerales típicos de rocas máficas. La tercera sección comienza a los 900 °C y termina a 600 °C; esta última representa el punto en donde los brazos del diagrama se unen y desciende una sola línea. Entre los 600 °C y 900 °C se forman rocas intermedias; inferior a esto se cristalizan las rocas félsicas.

### (i) Serie discontinua.

El brazo izquierdo del diagrama pertenece a la serie discontinua. Este camino representa formaciones minerales que son ricas en hierro y magnesio. El primer mineral que se forma en este caso es el olivino, el cual es el único mineral estable alrededor de los 1800 °C. A esta temperatura (y a partir de este momento) se evidenciarán minerales formados por hierro, magnesio, silicio y oxígeno. Con el decremento de temperatura, el piroxeno se volverá estable y comenzará a aparecer el calcio en los minerales formados cuando se alcancen los 1100 °C. Cuando se alcanza un enfriamiento hasta 900 °C, aparecen los anfíboles. Finalmente, la serie culmina cuando la temperatura disminuye hasta los 600 °C, donde comienzan a formarse las biotitas en forma estable.

### (ii) Serie continua.

Esta serie se hace llamar «continua» porque se forma el mineral feldespato en una serie continua y gradual que comienza con una alta proporción de calcio ( $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ ), pero que se va caracterizando por una mayor formación de feldespatos basados en el sodio. A la temperatura de 900 °C el sistema se equilibra, los magmas se enfrían y los iones de calcio se agotan, por lo que a partir de esta temperatura la formación de feldespatos se basa principalmente en





## 16. La tabla periódica I - Alvarez Contreras y Cordoba.

---

Entre los elementos incompatibles se encuentran las tierras raras debido a su elevada valencia (HREE) o a su elevado radio iónico (LREE) y los elementos litófilos de radio iónico grande (LILE), como los elementos alcalinos y alcalinotérreos, que se suelen acoplar a minerales tardíos por su elevado potencial iónico (carga/radio).

### **Realidad aumentada**

Para aumentar la interacción y comprensión entre el usuario y la tabla se decidió incorporar herramientas de realidad aumentada (RA). La RA constituye una de las tecnologías emergentes más valiosas para dar respuesta eficaz desde una perspectiva innovadora a los nuevos estilos de aprendizaje del alumnado de la actual era digital en las distintas etapas de educación. Se utiliza con elementos externos a la misma (cartas) que en un sector tienen una representación igual que en la tabla pero de un tamaño mayor (forma, clasificación, etc.) y en el dorso de la carta se encuentra una imagen en blanco y negro que actúa como “marcador”<sup>5</sup> (Anexo). Sólo basta con escanear el dorso (el marcador) de la carta con el celular utilizando la aplicación RappChemistry<sup>6</sup> para observar su estructura.

La aplicación permite una vista amigable, intuitiva, de fácil manejo tanto para docentes, estudiantes y cualquier usuario resaltando las características básicas de la tabla periódica. Capta como marcador una imagen predeterminada de la tabla periódica, utilizando la cámara del dispositivo donde se ejecute

---

volcánicos cenozoicos (grupo calipuy), en el segmento cordillera negra, sector sur - Ancash - Tesis de grado (2015).

<sup>5</sup> <https://es.slideshare.net/marciotics/marcadores-para-o-rapp-chemistry>

<sup>6</sup> [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.RApp.Chemistry&hl=es\\_419](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.RApp.Chemistry&hl=es_419)

## 16. La tabla periódica I - Alvarez Contreras y Cordoba.

RappChemistry. Esto permite aprender de manera más sencilla, didáctica y entretenida sobre estructura atómica de los elementos químicos en 3D. Inclusive desarrollamos la aplicación TPI: TABLA PERIÓDICA INTERACTIVA<sup>7</sup>, la cual es una aplicación gratuita que incorpora diversas herramientas para ayudar a comprender y descubrir la tabla periódica (videos explicativos, información de detalle y muchas novedades).



Figura 16.7. Visualización de cartas de realidad aumentada.

### Conclusiones

La tabla periódica de los elementos asociada a las ciencias geológicas posee un diseño simple y visual que le da el potencial para convertirse en una herramienta muy efectiva para la enseñanza de los aspectos químicos vinculados con las ciencias de la tierra. Además, el propio desarrollo de la tabla en conjunto a los elementos externos de realidad aumentada son un claro ejemplo de la relación entre las nuevas tecnologías y la educación, teniendo como principal objeto una mejor calidad de enseñanza. Con la implementación de estas herramientas en la institución educativa se espera una mejoría en el desempeño e interés de la tabla en distintas

<sup>7</sup> [https://play.google.com/store/apps/details?id=io.kodular.sethi\\_pharaoh.SideMenuLayout](https://play.google.com/store/apps/details?id=io.kodular.sethi_pharaoh.SideMenuLayout)

## 16. La tabla periódica I - Alvarez Contreras y Cordoba.

---

asignaturas, específicamente en la comprensión de los conceptos relacionados. De igual manera, el uso de la aplicación en el aula, desde el ámbito de material de apoyo, puede contribuir a que el desarrollo de la eficiencia del proceso enseñanza-aprendizaje sea mayor. Proyectando que a un futuro inmediato el uso de estas herramientas podrá permitir a los actores fundamentales del proceso enseñanza-aprendizaje tener una experiencia de acercamiento y experimentación con el conocimiento de la tabla periódica.