

Química Aplicada 2

Experimentos y Experiencias en Química

Química Aplicada 2: Experimento y experiencias en Química

C. O. Soria, M. E. Roca Jalil y M. T. Baschini (Eds.)

Ediciones
MirEuCa

ISBN 978-84-965298-0-8

9 789878 165596 >

C. O. Soria, M. E. Roca Jalil y M. T. Baschini (Eds.)

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 



Dedicatoria

A aquellos que han sabido inspirarnos en la curiosidad y en el ejercicio de la docencia, desde ámbitos tan variados como pueden los de índole familiar hasta los estrictamente científicos.

A la comunidad universitaria toda, donde se plasman nuestros sueños e inquietudes y a quienes nos debemos como parte del tejido social.

Autores

Diana Elisa Andrade
Olga Liliana Anguiano
Miria Teresita Baschini
Raúl Jorge Barbagelata
María de la Victoria de la Fuente
Paola Natalia Esteves
Nanci Mariel Farías
Ana Ferrari
Vilma Leonor Fuentes
Israel Germán Aristóteles Funes
Daiana Evelyn Gamboa Alcaraz
Daniel Alejandro García
Nadia Gómez Sbrolla
Felipe Angel LaVaccara Sandoval
María Daniela Ligüera
Ignacio Agustín Londero
Ángela Andrea Maggio
Elira Solange Miranda
María Eugenia Parolo
Marcos Emanuel Peralta
Vanina Andrea Rodríguez Amejjide
Maria Eugenia Roca Jalil
Edelweiss Alicia Rui
Micaela Andrea Sánchez
Victoria Guadalupe Sánchez
Mónica Claudia Savini
Silvana Andrea Silva
Carlos Orlando Soria

Concurso “Hay Tabla”

Denis Alvarez Contreras–Axel Cordoba
Ignacio Agustín Londero–Matías Joaquín Montenegro Garofalo
María Clara Dominguez Pérez–Alejandra Mierez

Resumen

Este material se origina a partir de las actividades de investigación y docencia llevadas a cabo en las aulas y laboratorios de la Universidad Nacional del Comahue, donde las diversas instancias de investigación aplicada se conectan con las propuestas de enseñanza aprendizaje que tocan temas de interés para los estudiantes, pero también para la población en general. Se recorren diversos contenidos disciplinares asociados a la enseñanza de la química general, química inorgánica y química orgánica, desde un enfoque aplicado a temas cotidianos.

Las propuestas fueron en todos los casos experiencias llevadas a cabo en aulas y laboratorios de la universidad, pero son aplicables a la escuela media, y el libro en su conjunto está dirigido especialmente para docentes de los diferentes niveles de enseñanza, como un material que puede aportar ideas, experiencias, prácticas novedosas, que en definitiva, redundarán en una ampliación del conocimiento científico en general de la comunidad toda.

Se utilizan como sistemas materiales de partida aguas, suelos, arcillas, fangos de uso terapéutico, diferentes soluciones de uso cotidiano, incluso materiales tan destacados en la región patagónica como son los hidrocarburos. Y a partir de ellos se desencadenan propuestas de trabajo que permiten profundizar en los temas específicos de las diversas disciplinas conectadas con la química.

El recorrido finaliza con una mirada especial sobre la tabla periódica, debido a que en el 2019 se cumplieron 150 años de su creación. De esa manera, desde el diseño de experiencias docentes hasta los materiales logrados por estudiantes de la Facultad de Ingeniería en el concurso “Hay Tabla 2019”, se aporta un pequeño homenaje a este inmenso instrumento de la química.

Los autores y editores de este manual esperamos que el mismo funcione como humilde aporte en el camino de una mayor alfabetización científica, agradeciendo a toda la sociedad en su conjunto que funciona como sostén, base y propósito del crecimiento de las universidades públicas.

Índice general

	Página
Prólogo	vii
1 Propuesta Didáctica - La caja cerrada de los símbolos. P. N. Esteves^{a,c}, D. A. García^a, E. A. Rui^a, O. L. Anguiano^{a,b}.	1
1.1 Introducción	1
1.2 Actividades	2
1.3 Parte 1. Ensayo experimental	3
1.4 Parte 2. Ensayo experimental	5
1.5 Anexo para el docente	9
1.6 Discusión	9
2 Caracterización de materiales mediante propiedades intensivas. F. A. La Vaccara Sandoval^a, C. O. Soria^a.	11
2.1 Introducción	11
2.2 Índice de refracción	11
2.3 Discusión de resultados	17
2.4 Potencial eléctrico	17
2.5 Discusión de resultados	26
3 Grados Brix (Índice Refractométrico): Su aplicación desde la química como integrador de conocimientos. R. J. Barbagelata^{a,b}, V. Fuentes^a, A. A. Maggio^{a,b} y M. T. Baschini^{a,b}.	27
3.1 Introducción	27
3.2 Propuesta experimental de laboratorio	34
3.3 Procedimiento experimental	35

4	Conociendo la química del "falso pimentero" (Aguaribay). Aportes a la docencia	
	D. E. Andrade^a, R. J. Barbagelata^{a,b}.	43
4.1	Introducción	43
4.2	Propuesta experimental	45
4.3	Procedimiento	46
4.4	Discusión y conclusiones	56
5	Propiedades fisicoquímicas de fangos y aguas como disparadores del aprendizaje.	
	M. A. Sánchez^{a,b}, M. E. Roca Jalil^{a,b}, D. E. Gamboa Alcaraz^a, V. A. Rodríguez-Ameijide^a, C. O. Soria^a y M. T. Baschini^{a,b}.	59
5.1	Introducción	59
5.2	Marco teórico	61
5.3	Parte experimental	62
5.4	Actividades propuestas para el registro y análisis de resultados en el laboratorio	64
5.5	Actividades propuestas para trabajo en el aula	65
5.6	Resultados y discusión	67
5.7	Conclusiones	71
6	Un enfoque químico sobre sistemas materiales naturales.	
	N. Gómez-Sbrolla^a, M. A. Sánchez^{a,b}, M. E. Roca Jalil^{a,b} y M. T. Baschini^{a,b}.	73
6.1	Introducción	73
6.2	Propuesta 1: Capacidad de adsorción de suelos y fangos	76
	6.2.1 Resultados y discusión	79
6.3	Propuesta 2. ¿Qué es un coloide y como se diferencia de una solución?	83
	6.3.1 Resultados y discusión	85
6.4	Conclusiones	87

7	Termoquímica en sistemas de peloides y aguas salinas.	
	M. A. Sánchez^{a,b}, D. E. Gamboa^a, C. O. Soria^a y M. T. Baschini^{a,b}.	89
7.1	Introducción	89
7.2	Curvas de enfriamiento	89
7.3	Calorimetría	96
7.4	Resultados	99
7.5	Conclusiones	102
8	Tamaños de partículas de suelos.	
	M. A. Sánchez^{a,b}, D. E. Gamboa^a, R. J. Barbagelata^{a,b} y M. T. Baschini^{a,b}.	105
8.1	Introducción	105
8.2	Parte experimental	108
8.3	Resultados y discusión	110
8.4	Conclusiones	118
8.5	Actividades de aula	119
9	El estudio de las propiedades fisicoquímicas de bentonitas regionales para identificar un residuo de la industria minera.	
	A. A. Maggio^{a,b}, M. E. Roca Jalil^{a,b} y M. T. Baschini^{a,b}.	121
9.1	Introducción	121
9.2	Propiedades físico químicas de los minerales arcillosos	123
9.3	Parte experimental	127
9.3.1	Materiales	128
9.3.2	Procedimiento	128
9.3.3	Resultados y discusión	128
9.3.4	Materiales	130
9.3.5	Procedimiento	130
9.3.6	Resultados y discusión	133
9.4	Conclusiones	134

10 Los secretos del repollo morado - Las antocianinas como indicadores de pH.	
V. A. Rodríguez-Ameijide^a, M. E. Roca Jalil^{a,b}, M. T. Baschini^{a,b}.	137
10.1 Introducción	137
10.2 Obtención del colorante ACy	139
10.3 Las antocianinas como indicadores naturales de pH	139
10.4 Parte A: Actividad Experimental	141
10.5 Resultados y discusión	143
10.6 Parte B: Actividades para el aula	148
10.7 Conclusiones	152
11 Química a microescala. Una propuesta de enseñanza de estequiometría.	
S. A. Silva^b, N. M. Farias^a, D. E. Andrade^a, M. de la V. de la Fuente^a.	155
11.1 Introducción	155
11.2 Desarrollo de la experiencia	157
11.3 Metodología de trabajo	159
11.4 Comparación de las metodologías utilizadas	161
11.5 Discusión y conclusiones	162
12 Hidrocarburos en microescala. Experimentos para obtener e identificar alquenos y alquinos.	
I. G. A. Funes^{a,b}, M. E. Peralta^{a,c}, M. E. Roca Jalil^{a,c}, M. C. Savini^{a,b}, M. E. Parolo^{a,b}.	165
12.1 Introducción	165
12.2 Objetivos	168
12.3 Materiales y reactivos	168
12.3.1 Material de laboratorio	168
12.3.2 Reactivos	169
12.4 Métodos	169
12.4.1 Obtención de Isobuteno	169

12.4.2	Obtención de fenilacetileno	170
12.5	Resultados y discusión.	173
12.6	Conclusiones	177
13	El cálculo algebraico del pH y el manejo de las aproximaciones en soluciones acuosas simples.	
	C. O. Soria^a.	179
14	Contaminación ambiental: Evaluación de dos tóxicos presentes en la Patagonia Argentina.	
	M. D. Ligüera^a, A. Ferrari^{b,c}, O. L. Anguiano^{a,b}.	191
14.1	Presentación de la propuesta pedagógica	191
14.2	Fundamentación	192
14.3	Introducción	193
14.4	Objetivos	193
15	Los elementos químicos nos invaden.	
	V. A. Rodríguez-Amejide^a, N. Gómez Sbrolla^a.	199
15.1	Introducción	199
15.2	Actividades de inicio	201
15.3	Actividad experimental	203
15.4	Actividades de desarrollo	208
	Concurso “Hay Tabla”	223
16	Tabla periódica de los elementos asociada a Geología.	
	D. G. B. Alvarez Contreras^a, A. L. Cordoba^a.	225
17	Tabla periódica y Petróleo.	
	I. A. Londero^a, M. Montenegro Garofalo^a.	243

18 El Oro Negro.	
M. C. Dominguez Pérez^a, A. Mierez^a.	255
19 La caja mágica.	
E. S. Miranda^a, D. A. García^a, V. G. Sánchez^{a,b}.	259
Bibliografía general	271

Prólogo

En el año 2009 un grupo de docentes e investigadores de la Universidad Nacional del Comahue nos brindó el libro *Química Aplicada. Manual para el laboratorio y el aula* con el propósito de contribuir a la difusión de la ciencia a través de actividades experimentales. Sin duda, ese libro se ha convertido en una herramienta de gran utilidad para profesoras y profesores de distintos niveles educativos. Afortunadamente, y con el mismo espíritu y generosidad, la gran mayoría de esos autores, y otros nuevos y entusiastas, han continuado con esa iniciativa produciendo este segundo libro *Química Aplicada 2. Experimentos y experiencias en química*.

La química es la ciencia de los materiales y sus cambios, de las sustancias y sus reacciones. No se trata una temática abstracta de investigación científica llevada a cabo por individuos algo misteriosos o estereotipados. La química nos rodea y constituye, es ciencia y fascinación, teoría y práctica, experimentos y lenguaje, imágenes y símbolos, investigación y docencia.

El producto de la investigación, y de la experiencia docente, pueden traducirse en propuestas útiles para otros colegas con la intención de mejorar la enseñanza. Es el caso de este libro, donde sus autores han compartido desarrollos de su investigación en forma accesible, dotándolos de explicaciones sencillas y de sugerencias educativas.

La enseñanza de la química logra su objetivo cuando las y los estudiantes relacionan lo aprendido con lo cotidiano, con los materiales que manipulan y con su cuerpo. Cuando se hacen preguntas y tratan de explicar los fenómenos. Cuando empiezan a ver que hay química en las publicaciones que aparecen en los medios de comunicación. Cuando dejan de percibir a la química como algo ajeno y lejano, como algo complejo e inaccesible.

Desde el primer capítulo, las autoras y autores nos incitan a salir de la caja cerrada de los símbolos y la nomenclatura, de los aspectos formales de la química, para introducirnos en el laboratorio; nos motivan a poner las manos en acción a través de la experimentación y de procedimientos sistemáticos.

Las temáticas químicas que se abarcan son diversas y de interés, entre ellas se destacan: agua y suelo, colorantes naturales, ácidos y bases, fangos con actividad terapéutica, madurez y contenido de azúcares de frutos, aceites aromáticas del Aguaribay, sólidos cristalinos, contaminación ambiental por arsénico e insecticidas. Muchas de las cuales tienen una orientación CTSA (Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente).

Al igual que en el primer libro, se da un encuadre científico y pedagógico a experiencias químicas realizadas con frecuencia en las aulas como el uso del repollo morado como indicador de acidez o las pilas que emplean papas o limones para producir electricidad.

A lo largo del libro se presentan aplicaciones donde se emplean instrumentos de medición como balanzas de precisión, microscopios ópticos, calorímetros, voltímetros, peachímetros y refractómetros; sobre los cuales se exponen fundamentos sobre su funcionamiento y uso. Y también actividades a realizar en el aula con materiales sencillos, cuando no se cuenta con laboratorio y/o instrumental sofisticado. La metodología de los trabajos prácticos de laboratorio es puesta en cuestión, por ejemplo, a través de los fundamentos del enfoque de microescala, con el cual se produce una reducción notable en los residuos que se producen en las prácticas, en los riesgos de accidentes y en los costos de realización. Con este enfoque se exponen ejemplos con experimentos en química general (estequiometría) y en química orgánica (hidrocarburos).

En el último capítulo, la caja cerrada se abre mágicamente a través de una amena e inteligente comedia. Sus actores, átomos tejidos de crochet, hablan y nos cuentan sus problemas de identidad

y agrupamiento. Nos hacen reflexionar sobre la complejidad del lenguaje de la química que pretendemos que las y los estudiantes aprendan. Este texto es el guión de la obra que puede ser vista en video.

En definitiva, estamos ante un libro con variedad de propuestas, que todas tienen en común el objetivo de divulgar la química y motivar a docentes para que las empleen como insumos en la elaboración de unidades didácticas que fomenten aprendizajes significativos y una mejora en la enseñanza de la química.

Andrés Raviolo

1. Propuesta Didáctica - La caja cerrada de los símbolos.

P. N. Esteves^{a,c}, D. A. García^a, E. A. Rui^a, O. L. Anguiano^{a,b}.

Palabras clave: compuestos inorgánicos, nomenclatura, educación, integración, fórmulas químicas.

1.1 Introducción

A los compuestos químicos los podemos identificar por sus fórmulas químicas y por su nombre. No podemos dar el mismo nombre a dos sustancias diferentes y es necesario que haya algunas similitudes en los nombres de sustancias que tengan comportamientos similares. Si todos los compuestos tuvieran un nombre común, como agua (H_2O), amoníaco (NH_3) o azúcar ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) tendríamos que aprender millones de nombres sin ninguna relación entre ellos...una tarea imposible. Necesitamos un método sistemático para asignar nombres, como el sistema de reglas de **nomenclatura de los compuestos inorgánicos**^{1,2,3}.

^aFacultad de Ingeniería-Departamento de Química- Universidad Nacional del Comahue.

^bGrupo de Biotecnología Ambiental. PROBIEN- CONICET-UNCo, Buenos Aires 1400, Neuquén, Argentina.

^cInstituto de Investigación en Tecnologías y Ciencias de la Ingeniería-IITCI-CONICET-UNCo

Liliana Anguiano - languiano10@gmail.com

¹ P. Atkins, T. Overton y J. Rourke. *Química Inorgánica*. 4ta. McGraw-Hill Interamericana, 2006.

² R. Petrucci y col. *Química General*. 10ma. Prentice Hall, 2011.

³ M. Silberberg. *The molecular Nature of Matter and Change*. 5ta. McGraw-Hill Higher Education, 2009.

1. La caja cerrada - Esteves y col.

Cuando trabajamos la nomenclatura con los estudiantes vemos las dificultades que tienen para reconocer y, particularmente, “aceptar” la existencia de reglas que nos ayudan a nombrar e identificar los compuestos químicos. Es una caja cerrada de símbolos que los estudiantes no están dispuestos a abrir espontáneamente. ¡Les es difícil aceptar reglas!

Nos parece que el hecho trasciende al mundo de los compuestos químicos y apunta al mundo simbólico de los estudiantes, es un fenómeno que observamos en el aula desde hace mucho tiempo. Para abordar esta dificultad los docentes nos guiamos en el trabajo de investigación de campo a partir de nuestra “intuición colectiva” (el colectivo es el grupo de cátedra). Se intuye como un pedido de no reglas.

Ahora sí, ya en el terreno de las ideas creemos que es la consecuencia del aprendizaje de química memorístico llevado a cabo hasta el momento. La fórmula H_2O , por ejemplo, esa caja cerrada no está asociada a una sustancia... conocida, sí; pero sólo desde el sentido común; ni observada ni investigada en cuanto a sus propiedades. Al no estar ligado adecuadamente el mundo de los sentidos al comportamiento macroscópico ni a su representación en el mundo microscópico, las **formulas químicas** entonces son solo letras que fueron aprendidas de memoria. El nombre es solo una parte de todo el recorrido que haremos. La propuesta de este trabajo es iniciar el camino de asociar los nombres y las fórmulas químicas con sustancias que poseen propiedades físicas y químicas que las caracterizan. Además, su ejecución nos permitirá integrar, asociar y aplicar conceptos desarrollados en el curso de Química para comprender determinados fenómenos químicos.

1.2 Actividades

Dados los siguientes compuestos químicos: $KCl(s)$ y $KClO_3(s)$ surgen algunas preguntas, como por ejemplo: ¿cuál es el nombre?

1. La caja cerrada - Esteves y col.

será ¿cloruro, clorato, hipoclorito, clorito, perclorato de potasio? Sin duda, deberán tener nombres diferentes dado que son dos sustancias distintas⁴.

¿Qué información nos puede dar el nombre de un compuesto? ¿Existen diferencias entre cloruro, clorato, perclorato? Estas sales de potasio que también contienen cloro, ¿tendrán las mismas propiedades químicas?

Para responder a estas y a otras preguntas es imprescindible ir al laboratorio para empezar a salir de la caja de los símbolos...

RECORDAR que el trabajo en el laboratorio requiere del cumplimiento de las normas elementales de seguridad.

Materiales

- Tubos de ensayo y gradilla.
- Soluciones 0,1 M de KCl y KClO₃.
- Solución de AgNO₃ 0,1 M en gotero.
- Mechero.
- Agarraderas metálicas.
- Azúcar.
- Soporte universal.
- Anteojos protectores.

1.3 Parte 1. Ensayo experimental

Objetivo: comparar la reacción de nitrato de plata con cloruro de potasio acuoso y con clorato de potasio acuoso.

Procedimiento

⁴ T. Greenbowe. URL: <https://chemistry.uoregon.edu/profile/tgreenbo/>.

1. La caja cerrada - Esteves y col.

Colocar en un tubo de ensayo 5 mL de una solución de KCl 0,1 M y en otro tubo 5 mL de una solución 0,1 M de KClO_3 . Agregar a cada tubo de ensayo dos gotas de una solución de nitrato de plata 0,2 N. Observar detenidamente y registrar (Figura 1.1).

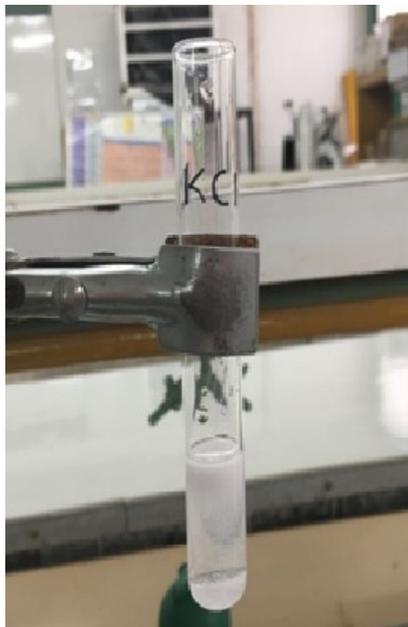


Figura 1.1. Reacción entre cloruro de potasio y nitrato de plata.

¿Observa algún cambio en los tubos de ensayo?

SUGERENCIA: para realizar esta experiencia se debe contar con un clorato de potasio de alta pureza. Una de las impurezas presentes es el ion cloruro!

1. Escribir y clasificar las reacciones químicas que tienen lugar en ambos tubos de ensayo (¿realmente hubo reacción química?).
2. Clasificar a las dos sustancias de acuerdo a su función química.

1. La caja cerrada - Esteves y col.

3. ¿Qué tipo de partículas son el cloruro y el clorato?
4. ¿Qué fuerza mantiene unidos a los átomos en ambos compuestos químicos?
5. Escribir la estructura de Lewis para el cloruro de potasio y el clorato de potasio.
6. Para el ion clorato predecir las geometrías electrónica y molecular y el ángulo de enlace.
7. Los puntos de fusión del KCl y del KClO_3 son 1.049 K y 629 K, respectivamente. Explicar y justificar esta diferencia.
8. Interpretar y justificar lo observado en los tubos de ensayo.
9. ¿Qué se puede concluir con respecto a la solubilidad de los dos compuestos ensayados?

1.4 Parte 2. Ensayo experimental

Objetivo: comparar la reacción del azúcar con las sales cloruro de potasio y clorato de potasio calentadas.

PRECAUCIÓN: *al calentar un tubo de ensayo, la boca del mismo no debe apuntar ni a uno mismo ni a las personas cercanas.*

Procedimiento

Sujetar un tubo de ensayo con una agarradera en un soporte metálico y agregar una pizca de KCl (s). Calentar en la llama del mechero durante unos minutos. Retirar el mechero y rápidamente agregar 0,5 g de azúcar. Observar y registrar.

¿Se observa algún cambio en el estado de agregación del KCl? Al agregar el azúcar, ¿ocurre alguna reacción química?

Sujetar un tubo de ensayo con una agarradera en un soporte metálico y agregar una pizca de KClO_3 (s). Calentar en la llama del

1. La caja cerrada - Esteves y col.

mechero hasta que la sal en el tubo se funda. Retirar el mechero. Agregar rápidamente 0,5 g de azúcar. Observar y registrar (Figura 1.2).



Figura 1.2. Reacción entre clorato de potasio fundido y azúcar.

10. Escribir las reacciones químicas, cuando corresponda. Justificar la respuesta.
11. ¿Cómo se clasifica a la reacción química? ¿Cuáles son las principales características de estas reacciones químicas?
12. ¿Con qué se puede asociar al “humo” observado durante la reacción con el azúcar?
13. Determinar el calor transferido cuando se agrega el azúcar al tubo que contenía clorato de potasio fundido.

1. La caja cerrada - Esteves y col.

14. Los carbohidratos como el azúcar, también llamados hidratos de carbono o glúcidos, son importantes componentes de los seres vivos y los principales proveedores de energía. ¿Qué es un carbohidrato? ¿Cómo se los clasifica?

15. ¿Cuáles son las principales fuentes naturales de carbohidratos?

Para ver la reacción completa entre clorato de potasio fundido y azúcar ingresar a <https://vimeo.com/76002304>.

Para finalizar podemos concluir que esta propuesta resulta útil para introducir las reglas de la nomenclatura inorgánica y enfatizar en la importancia de destacar las diferencias de las propiedades químicas relacionadas con el sufijo del anión. Hay una razón química que justifica los sufijos **uro** o **ato**. Lo que sigue quedando dentro de la caja es por qué esas terminaciones y no otras. Simplemente una convención, no sólo en el lenguaje científico, en el del sentido común y en el lenguaje, en general, existen convenciones. Sin ellas no podríamos comunicarnos y de hecho no siempre lo logramos. Además, nos permite repasar e integrar conceptos ya desarrollados durante el cursado de la materia y hasta incorporar nuevos!

Medidas de seguridad

- El nitrato de plata y el clorato de potasio son oxidantes fuertes. Evitar el contacto con materiales inflamables. Si el clorato de potasio fundido entra en contacto con cualquier material inflamable, estallará espontáneamente en llamas.
- Se deben usar anteojos protectores y el equipo de protección adecuado durante la demostración. Esta demostración se puede efectuar en una sala de conferencias y la reacción del clorato de potasio y azúcar se debería realizar en una campana (portátil) o debajo de una campana de cristal.

1. La caja cerrada - Esteves y col.

- Se debe tener cuidado al manipular el tubo de ensayo después de la violenta reacción de oxidación. ¡El tubo de ensayo estará extremadamente caliente! Dejar que el tubo se enfríe antes de manejarlo.
- Lavar inmediatamente con agua y jabón si alguna sustancia química entra en contacto con su piel. Enjuagar los ojos inmediatamente con agua si alguna sustancia química entra en sus ojos. Inmediatamente contactarse con el personal de emergencia.
- Asegurarse que el área de demostración esté libre de sustancias inflamables. Los estudiantes no deberían estar cerca de las reacciones. Tener a mano un extintor de incendios en caso de incendio.

1.5 Anexo para el docente

Interpretación y explicación de los fenómenos observados:

- a. Existen diferencias en las propiedades químicas de los aniones cloruro, clorato y perclorato.
- b. El anión cloruro no es un agente oxidante, no contiene oxígeno. El anión clorato, que contiene oxígeno, es un agente oxidante, causa que algo se oxide.
- c. El cloruro de potasio, KCl , tiene un punto de fusión más alto en comparación con el clorato de potasio, KClO_3 . Esto se debe a las fuerzas electrostáticas. Los iones K^+ y Cl^- tienen cargas opuestas y se genera una fuerza de atracción entre ellos formándose un enlace iónico. Hay menos distancia entre el catión K^+ y el anión Cl^- en comparación con la distancia entre el ion K^+ y el ion ClO_3^- , por lo tanto, la fuerza de atracción es mayor en el KCl . Se requiere más energía para separar el enlace iónico del KCl que el de la red cristalina del KClO_3 . Esto da como resultado que el KCl tenga un punto de fusión más alto, por lo tanto, la llama del mechero no es suficiente para fundir esta sal, comparado con el punto de fusión del KClO_3 .
- d. Una pequeña cantidad de azúcar, un carbohidrato, reacciona con un agente oxidante para liberar una gran cantidad de energía.
- e. Una ecuación química equilibrada representa lo que ocurre durante la reacción de sacarosa con oxígeno gaseoso.

1.6 Discusión

Parte I: la mayoría de las sales de plata son insolubles. Las sales de nitrato, clorato y perclorato son excepciones, por lo que el

1. La caja cerrada - Esteves y col.

ion cloruro precipitará con el ion plata, mientras que el ion clorato no lo hará.



Parte II: el KCl (s) caliente no reacciona con el azúcar. Sin embargo, los azúcares y otros compuestos orgánicos son oxidados violentamente por el KClO₃ fundido. La descomposición térmica del clorato de potasio produce cloruro de potasio y oxígeno, que es suficiente para encender el azúcar. El calor producido continúa descomponiendo el clorato de potasio dando como resultado una reacción de combustión muy rápida.



⁵ El agua se encuentra en forma de H₂O (g) a la temperatura de la combustión que es muy alta, pero cuando los productos de la reacción vuelven a estar a la temperatura inicial, el agua condensa a H₂O (l). El calor de combustión es $\Delta H^\circ = -5.645 \text{ kJ/mol}$

2. Caracterización de materiales mediante propiedades intensivas.

F. A. La Vaccara Sandoval^a, C. O. Soria^a.

Palabras clave: Propiedades intensivas, índice de refracción, potencial eléctrico.

2.1 Introducción

En el desarrollo de la caracterización de materiales hacemos hincapié en los dos tipos de propiedades que se relacionan la misma: las extensivas y la intensivas. Éstas, al no depender de la cantidad de material analizado resultan ser de mayor utilidad sobre todo cuando no se dispone de sistemas de medición sofisticados. Presentaremos dos propiedades intensivas, cuales son el **índice de refracción** y el **potencial eléctrico**, y desarrollaremos los sistemas de mediciones correspondientes como para ser implementados en clase de laboratorio¹.

2.2 Índice de refracción

Los fundamentos de la refracción se exhiben en el capítulo siguiente, así que desarrollamos el método de medida, el cual se basa en hallar el ángulo de desviación mínimo.

^aDepartamento de Química - Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Comahue.

Carlos Soria - carlos.soria@fain.uncoma.edu.ar

¹ F. A. La Vaccara Sandoval. *Determinación de Propiedades Intensivas en Sistemas Materiales: Índices de Refracción y Potenciales Nernstianos como casos Guía (Parte II)*. Dpto. Química - FAIN - U. N. del Comahue, 2016.

Materiales

- Portaobjetos
- Láminas plásticas
- Adhesivo
- Alfileres
- Telgopor
- Regla
- Transportador

El método consiste en armar un prisma triangular realizado con tres portaobjetos de vidrio muy delgados, que serán las paredes del prisma (Fig. 2.1), y una base de plástico (por ej. de pote de helado) que se recorta a medida y luego se pega a los porta objetos. Este prisma contendrá el líquido del cual se desea determinar su índice de refracción, sea agua pura o solución. También se requiere una hoja A4, una plancha de telgopor del tamaño de la hoja y 4 alfileres.



Figura 2.1. Vista superior del prisma de vidrio.

Procedimiento

1. Se coloca la hoja sobre la plancha de telgopor y en el centro de ésta se coloca el prisma, lleno con el líquido al que se desea determinar el índice de refracción. Luego se pinchan en la hoja los alfileres **1** y **2** como se indica en la Fig. 2.2. Después mirando de frente a los alfileres 1 y 2, a través del prisma, se colocan los alfileres **3** y **4** tal que estén alineados (ver Figs. 2.2 y 2.3). Esto ha de realizarse con el mayor cuidado, procurando que los alfileres hayan quedado clavados en forma *perpendicular* al plano de la plancha de telgopor, la alineación sea correcta y la altura sea aproximadamente la misma.

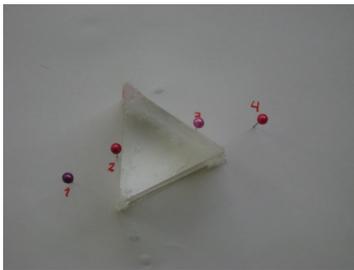


Figura 2.2. Vista superior.

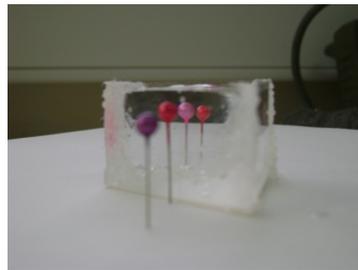


Figura 2.3. Vista lateral.

2. Con el prisma fijo se marca el perfil de éste sobre la hoja, al igual que los alfileres, numerándolos con un color para orientarse. Se retiran sólo los alfileres 1, 3 y 4 y se los coloca, empezando por el 1, en una nueva posición. Se repite esta operación varias veces, utilizando distintos colores en cada operación para marcar los alfileres, y de esta forma poder identificarlos a la hora de medir los ángulos. Luego se retira el prisma y se completa su perfil, se trazan las normales y los rayos incidente y emergente coincidentes con las posiciones de los alfileres (ver Fig. 2.4). Después se procede a medir y registrar los ángulos incidente (i), emergente (e), desviación

(δ) y ángulo del prisma (α). Para ello primero se unen con una recta los puntos 1 y 2 marcados, y se estiran hasta sobrepasar la cara opuesta del prisma; se traza la normal a la cara del prisma sobre la que se encuentra el punto 2 y de esta forma obtenemos el ángulo de incidencia (i). Luego se deben unir con una recta los puntos 3 y 4 y prolongar hasta cortar la recta anterior, lo cual determina el ángulo de desviación (δ). Las caras derecha e izquierda del prisma forman el ángulo (α) del prisma (Fig. 2.5).

$\lambda = 35,5^\circ$	$\lambda = 40,0^\circ$	$\lambda = 47^\circ$	$\lambda = 52,5^\circ$	$\lambda = 59^\circ$	$\lambda = 65,5^\circ$
$d = 27,5^\circ$	$d = 26^\circ$	$d = 27^\circ$	$d = 28^\circ$	$d = 29^\circ$	$d = 34^\circ$
$e = 51,5^\circ$	$e = 45,5^\circ$	$e = 40^\circ$	$e = 35^\circ$	$e = 29^\circ$	$e = 25,5^\circ$

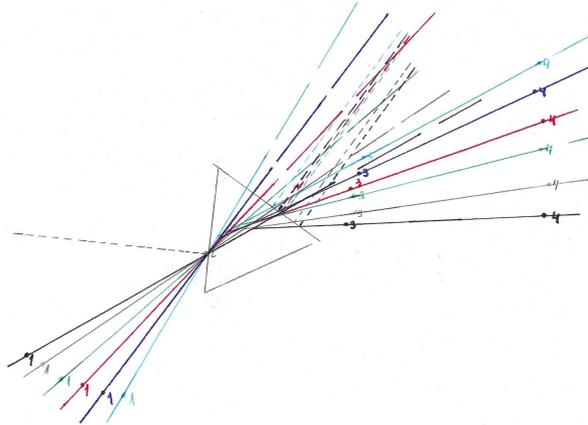


Figura 2.4. Hoja de trabajo para el agua azucarada al 15 %.

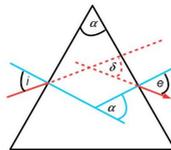


Figura 2.5. Ángulos a determinar.

3. Luego, con el empleo de la hoja de cálculos se representan en el eje y el ángulo de desviación (δ) y en el eje x el ángulo de incidencia (i). Estos valores se ajustan mediante una función polinomial de orden 2 y se obtiene la ecuación de la misma. A continuación se determina la desviación mínima trazando una tangente paralela al eje horizontal, o bien se deriva dicha ecuación respecto a x (ángulo de incidencia) y se iguala a cero ($dy = 0$). Se despeja x_{min} de esta ecuación y se reemplaza en la ecuación original para finalmente obtener δ_{min} .
4. Finalmente, con el valor de la desviación mínima y mediante el empleo de la ecuación 2.1

$$n = \frac{\text{sen} \left(\frac{\delta_{min} + \alpha}{2} \right)}{\text{sen} \left(\frac{\alpha}{2} \right)} \quad (2.1)$$

podemos obtener el índice de refracción del líquido. El error en la medición se estima, asignando $\Delta\alpha = \Delta\delta_{min} = 0,25^\circ$, de acuerdo a la propagación 2.2

$$\Delta n = \left(\frac{\partial n}{\partial \delta} \right) \Delta \delta + \left(\frac{\partial n}{\partial \alpha} \right) \Delta \alpha \quad (2.2)$$

Por ejemplo, en ensayos con agua destilada y teniendo en cuenta en todos los casos la temperatura ambiente, ya que ésta influye en el valor de n .

En la Fig. 2.6 se puede observar el gráfico que representa los ángulos de desviación en función de la incidencia, para agua destilada. De aquí se obtiene la ecuación de la curva: $y = 0,14x^2 - 10,06x + 204,53$ y a partir de ella puede obtenerse una desviación mínima de $23,80^\circ$. Con ello el índice de refracción resulta ser $1,33 \pm 0,01$. Para contraste se usó un refractómetro de Abbe con los mismos líquidos de estudio, tomando estas

lecturas sólo hasta el tercer decimal. En la Tabla 2.1 se resumen ambos métodos, para soluciones de sacarosa y azúcar, en diferentes concentraciones.

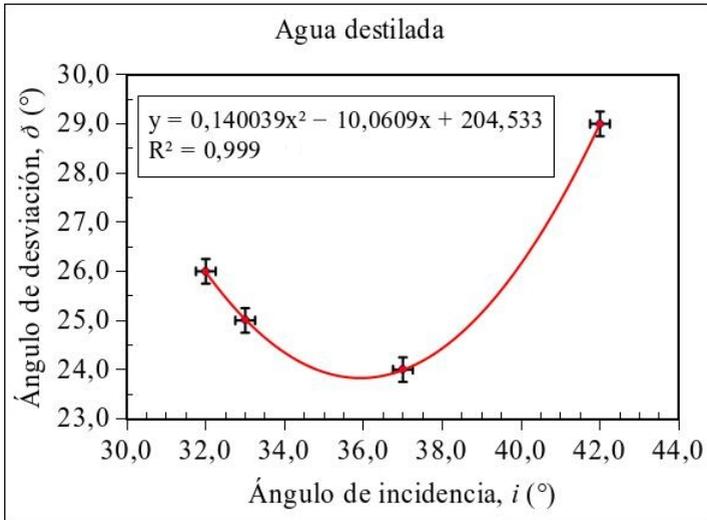


Figura 2.6. Gráfico obtenido para el agua destilada.

Tabla 2.1. Comparación de mediciones para diferentes soluciones.

% de soluto	Con aire		Con Abbe	
	Sacarosa	Azúcar	Sacarosa	Azúcar
0	1,33	1,33	1,333	1,333
15	1,36	1,36	1,355	1,355
30	1,38	1,38	1,380	1,381
45	1,40	1,41	1,410	1,409

2.3 Discusión de resultados

Si bien el índice de refracción es una propiedad que puede estimarse con al menos cuatro decimales, si se dispone de un instrumento de complejidad media a alta, este no es el caso para la mayoría de los laboratorios de prácticas, especialmente en la escuela media. Muchos de los métodos alternativos ofrecen poca exactitud en la medición, tal que los valores informados pueden resultar de poca utilidad práctica. Aquí se ha intentado mejorar el método del prisma, tal que aún con las consideraciones siguientes:

1. El índice de refracción del aire no es exactamente 1,0000 sino 1,0029.
2. Se despreció la contribución de la refracción del vidrio de las paredes del prisma.
3. No se usó luz monocromática sino ambiental.
4. Se trabajó a temperatura ambiente, sin control estricto.

Como vemos, se logró manejar la incertidumbre dentro de la segunda cifra decimal. A partir de la tabla 2.1 puede inferirse la utilidad para caracterizar soluciones azucaradas. Además, se ponen en juego recursos de trigonometría, óptica e informática, enriqueciendo el contexto del método.

2.4 Potencial eléctrico

El desarrollo de una diferencia de potencial, cuando se ponen en contacto dos superficies con características energéticas diferentes, es un hecho cuyas aplicaciones son conocidas desde la antigüedad. La imposibilidad de medir tal diferencia de potencial absoluta también ha sido objeto de consideraciones teóricas y experimentales. La respuesta a este problema ha

consistido en definir una diferencia de potencial de referencia, y contrastar el resto de los sistemas con tal referencia: el electrodo normal de hidrógeno (ENH) por definición, o alguna referencia secundaria tales como el de calomel o el de plata-cloruro de plata. En definitiva, sólo es posible medir diferencias de potencial y para ello se puede utilizar un instrumento especial denominado voltímetro (Fig. 2.7). La característica de un instrumento como éste es que permite determinar la diferencia de potencial casi en condiciones de corriente nula, lo que permite luego contrastar con lo esperable desde la teoría.



Figura 2.7. Voltímetro de alto vacío.

Para nuestro estudio seleccionaremos una variedad de trozos de metales diferentes y vegetales distintos, actuando los primeros como elementos donde se producirán las reacciones electroquímicas (redox) que originarán la diferencia de potencial medible (electrodos), y usando los segundos como cuerpo electrolítico, con una resistencia variable al transporte de carga (electrolito). El esquema de la Fig. 2.8 nos permitirá una mejor comprensión acerca de cómo se concatenan las diferencias de potencial, para dar una salida única² que llamamos habitualmente “voltaje de celda”.

² Los niveles marcados como Cu y Cu' corresponden a los conectores del

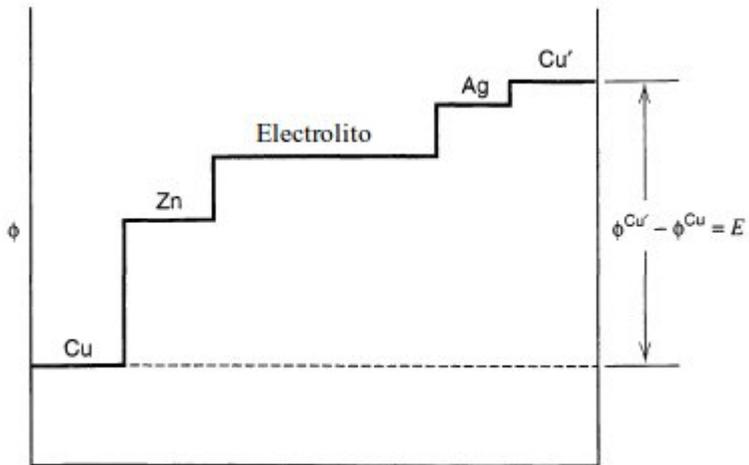


Figura 2.8. Sumatoria de potenciales a lo largo de una celda.

Materiales

- Limones, papas, kiwis, tomates, manzanas.
- Trozos de C, láminas de Cu, Zn y Al, hilos de Cu, clavos de Fe (limpios y desengrasados).
- Voltímetro de alto vacío.
- Ácidos cítrico y ascórbico, y glucosa.

Procedimiento

A los materiales se les puede soldar un trozo de acero inoxidable para cumplir la función de contacto eléctrico. Para los

voltímetro y ϕ es el potencial galvánico, siendo $E_{celda} = \phi' - \phi$. La celda galvánica, en este caso, consiste de sendos electrodos de Zn y Ag sumergido en un electrolito adecuado.

casos donde se decida hacer montajes en serie, deben conectarse dos materiales diferentes mediante soldaduras a puentes de acero inoxidable (Figura 2.9). En la Tabla 2.2 se dan los valores de potenciales estándar³ para algunos de los materiales usados.



Figura 2.9. Electrodos preparados con diversos materiales.

Tabla 2.2. Tabla de potenciales estándar (273 K y 1 atm).

Hemirreacción	E^0 (V)
$Ag^+(ac) + e^- \rightleftharpoons Ag(s)$	0,799
$Cu^{2+}(ac) + 2e^- \rightleftharpoons Cu(s)$	0,337
$2H^+(ac) + 2e^- \rightleftharpoons H_2(g)$	0,000
$Pb^{2+}(ac) + 2e^- \rightleftharpoons Pb(s)$	0,126
$Fe^{2+}(ac) + 2e^- \rightleftharpoons Fe(s)$	- 0,447
$Zn^{2+}(ac) + 2e^- \rightleftharpoons Zn(s)$	- 0,762
$Al^{3+}(ac) + 3e^- \rightleftharpoons Al(s)$	- 1,676

³ W. M. Haynes. *Handbook of Chemistry and Physics*. 95.^a ed. CRC Press, 2014.

Procedimiento I - Conexión simple, voltaje a circuito abierto (vca)

Se lavaron los electrodos con agua destilada y luego se enjuagaron con alcohol. Se hicieron dos cortes paralelos de aproximadamente 1,5 cm de separación en la fruta o verdura a utilizar (electrolito), y se colocaron los electrodos seleccionados, uno en cada corte. Luego se conectaron las terminales de los electrodos al voltímetro y se procedió a registrar la lectura de voltaje correspondiente, una vez alcanzado un valor estable; cuando el valor observado en pantalla diese negativo se invirtieron los cables de conexión a los electrodos (Figura 2.10).



Figura 2.10. Cupla Fe-Al usando una papa como electrolito.

En la Tabla 2.3 se dan los potenciales de celda, E_{celda} , obtenidos para varias combinaciones de electrodos y material de electrolitos, indicando la polaridad observada.

Tabla 2.3. Voltajes experimentales según electrodos y electrolitos.

Electrodos	Tipo de electrolito y voltaje medido (en V)		
	Papa	Limón	Manzana
Ag (+)/Cu (-)	0,245	0,450	0,150
Ag (+)/C (-)	0,090	0,480	0,090
Ag (+)/Fe (-)	0,630	0,510	0,620
Pb (+)/Cu (-)	0,390	0,315	-0,445
Pb (+)/Fe (-)	0,030	0,005	-0,020
Pb (+)/Al (-)	0,120	0,030	0,005
Fe (+)/C (-)	0,650	0,140	-0,680
Fe (+)/Cu (-)	0,300	0,440	-0,440
Cu (+)/Al (-)	0,500	0,420	0,490
Cu (+)/C (-)	0,310	0,200	-0,250
C (+)/Al (-)	0,800	0,160	0,740
Cu (+)/Al (-)	0,500	0,420	0,490
Ag (+)/Zn (-)	1,090	1,020	1,020
Al (+)/Zn (-)	0,320	0,430	0,415
Cu (+)/Zn (-)	0,843	0,910	0,950
C (+)/Zn (-)	1,125	1,077	1,182
Pb (+)/Zn (-)	0,417	0,420	0,500
Fe (+)/Zn (-)	0,410	0,445	0,530

Se puede observar la gran diversidad de voltajes que se logran en las distintas frutas y verduras utilizando un abanico de electrodos, pero los mayores potenciales aparecen vinculados a los electrodos de cinc, en especial cuando se combinan tanto con grafito como con plata, y cobre en menor grado⁴. Al comparar los potenciales entre las frutas y verduras, se puede decir que entre

⁴ Si bien en algunos casos las lecturas observadas fueron negativas, el conexionado no se invirtió a efectos de poder correlacionar con el resto de los electrolitos usados para la misma cupla.

la papa, el limón y la manzana hay cierta paridad en sus usos como electrolito llegando los tres a sus potenciales máximos con los electrodos de grafito-cinc, aunque la mayor estabilidad en el potencial leído se da en la cupla cobre-cinc.

Procedimiento 2 - Conexión de dos o mas elementos en serie



Figura 2.11. Lectura de potencial para dos papas conectadas en serie, utilizando electrodos de C/Cu.

Debido a que los potenciales logrados hasta aquí son demasiado bajos con estos montajes, para intentar su uso como fuente de electricidad en dispositivos de bajo consumo se probó a realizar la conexión en serie utilizando las mismas frutas y verduras. Para ello se realizan los mismos pasos que en el Procedimiento I, para dos elementos de electrolitos, y finalmente se coloca un puente de electrodos, que conecta en serie las frutas o verduras, como se muestra en la Fig. 2.11. Luego se llevan a cabo las lecturas correspondientes como se realizó en el procedimiento anterior.

Tabla 2.4. Voltajes medidos para electrodos y electrolitos en serie.

Electrodos	Electrolito y voltaje medido (V)	
	Papa	Limón
Ag (+)/Al...Ag/Al (-)	1,500	1,050
Ag (+)/Zn...Ag/Zn (-)	2,050	1,550
Cu (+)/Al...Cu/Al (-)	0,930	0,810
Cu (+)/C...Cu/C (-)	0,500	0,247
Cu (+)/Ag...Cu/Ag (-)	0,520	
Cu (+)/Pb...Cu/Pb (-)	0,800	0,520
Cu (+)/Fe...Cu/Fe (-)	0,630	0,630
Cu (+)/Zn...Cu/Zn (-)	1,515	1,370
C (+)/Zn...C/Zn (-)	2,040	1,640

En la Tabla 2.4 se muestran los potenciales obtenidos. De manera similar a lo que ocurría en la conexión simple, los mayores potenciales se obtienen en las combinaciones de electrodos donde participa el cinc. Se observa también que al comparar los valores medidos con la conexión en serie, en muchos casos llegan a duplicarse respecto de cuando se usa un sólo elemento; al igual que antes, los valores más altos se dan en la papa. En la tabla 2.5 se muestran los potenciales sin y con consumo, así como la corriente medida para este último caso.

Para comprobar lo que se estuvo midiendo hasta ahora con el voltímet contactos de alimentación a fin de poder conectar las pinzas a la misma y analizar si está se enciende, utilizando como fuente de energía las frutas y verduras con las que se venía estudiando. Aquí, se comenzó a usar como electrodos, los de Zn/Cu y Zn/C, ya que son aquellos, a partir del estudio anterior, en que se observó que se lograban los mayores potenciales y más estables, en comparación al resto. Con este mismo argumento se comienzan a utilizar como fuente de energía la papa, el limón y la manzana.

Tabla 2.5. Voltajes experimentales para electrodos y electrolitos en serie (V) y consumo de corriente (mA).

	Papa			Limón		
	V_{off}	V_{on}	I	V_{off}	V_{on}	I
Cu (+)/Zn (-)	1,440	1,240		1,410	1,335	0,003
C (+)/Zn (-)	1,800	1,500	0,006	2,150	1,520	0,006

En la Tabla 2.5 se ve que con dos elementos conectados en serie se logra un potencial adecuado para poder encender la calculadora.

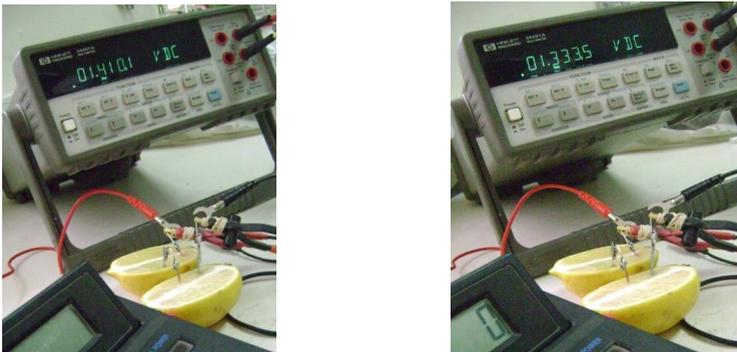


Figura 2.12. Voltaje en limones en serie, utilizando electrodos de Zn/Cu, con dispositivo apagado (izq.) o encendido (der.).

Se observa también en el voltímetro una caída del potencial en todos los casos, siendo más notable con el par C/Zn que alcanza los 0,6 V. Aun así, la calculadora enciende igual (Figura 2.12).

2.5 Discusión de resultados

Cuando se pretende hacer una aplicación usando frutas o verduras con un esquema similar, esto es insertar dos láminas o varillas de metales distintos en el cuerpo a usar, no suelen considerarse los siguientes factores:

- A priori, no hay un contenido de metales disueltos que garantice la formación de pares redox adecuados.
- Si uno o ambos de los metales participantes son activos, podrían dar lugar a reacciones que no participen de las pilas que se pretenden generar, dependiendo de la composición del medio.
- Se desconoce la contribución de la resistencia interna del electrolito a utilizar, así como los sobrepotenciales de las reacciones significativas.

Tales considerandos serán importantes no sólo a la hora de medir los voltajes que se desarrollen sino al momento de extraer corriente de tales sistemas.

Al comparar los potenciales entre las frutas y verduras, se puede decir que entre la papa y el limón hay cierta paridad en sus usos como electrolitos llegando a sus potenciales máximos con los electrodos de C/Zn, aunque la mayor estabilidad en el potencial leído se da en la cupla Cu/Zn.

3. Grados Brix (Índice Refractométrico): Su aplicación desde la química como integrador de conocimientos.

R. J. Barbagelata^{a,b}, V. Fuentes^a, A. A. Maggio^{a,b}
y M. T. Baschini^{a,b}.

Palabras clave: Soluciones, concentración porcentual, refractometría, madurez, cosecha.

3.1 Introducción

Una **disolución** o solución es una mezcla homogénea de dos o más sustancias cuyas proporciones se mantienen constantes en cualquier volumen que se tome de la misma. De manera general y con algunas excepciones, la sustancia que se encuentra en menor proporción se denomina **soluto** y la que se encuentra en mayor proporción **disolvente**.

La proporción o relación entre la cantidad de soluto y la cantidad de disolución define la **concentración** de la disolución y ésta puede expresarse mediante unidades físicas y químicas. Este trabajo se limitará a abordar el tema empleando unidades físicas basadas en las distintas relaciones de masa y volumen^{1,2}.

^aFacultad de Ingeniería-Departamento de Química- Universidad Nacional del Comahue.

^bGrupo de Estudios en Materiales Adsorbentes. PROBIEN-CONICET-UNCo, Buenos Aires 1400, Neuquén, Argentina.

Raúl J. Barbagelata - raul.bargelata@fain.uncoma.edu.ar

¹ K. C. Timberlake. *Química General, Orgánica y Biológica*. Editorial Pearson, 2013.

² R. Chang. *Química*. McGraw-Hill., 2010.

3. Grados Brix - Barbagelata y col.

A. Concentración en masa:

- **Masa de soluto por unidad de volumen de disolución (m/v).**

$$m/v = (\text{g soluto/L disolución})$$

- **Porcentaje masa de soluto por masa de disolución (% m/m).** Indica los gramos de soluto que se encuentran disueltos en 100 gramos de disolución.

$$\% m/m = (\text{g soluto}/100 \text{ g disolución})$$

- **Porcentaje masa de soluto por volumen de disolución (% m/v).** Indica los gramos de soluto que se encuentran disueltos en 100 mililitros de disolución.

$$\% m/v = (\text{g soluto}/100 \text{ mL disolución})$$

B. Concentración en volumen:

- **Porcentaje volumen de soluto por volumen de disolución (% v/v).** Indica los mililitros de soluto que se encuentran disueltos en 100 mililitros de disolución³.

$$\% v/v = (\text{mL soluto}/100 \text{ mL disolución})$$

De las expresiones presentadas anteriormente, trataremos una de ellas con extensa aplicación en el ámbito profesional y es la que hace referencia a la relación porcentual masa en masa en las disoluciones azucaradas, donde es común hallar la siguiente relación:

$$\text{Grados Brix } (^\circ Bx) = \% m/m$$

³ Para el caso de solutos que se encuentran en pequeña concentración se usa también el concepto de **ppm (partes por millón)**, que equivalen a mg/L o mg/kg.

3. Grados Brix - Barbagelata y col.

Para este último caso, es muy habitual hablar de $^{\circ}Bx$, parámetro también conocido como Sólidos Totales Solubles (SST) y que hace referencia de manera general a la razón matemática⁴: masa de sacarosa (soluto) que se encuentra presente en 100 gramos de una disolución, la cual se encuentra a una temperatura de 20 °C.

Los $^{\circ}Bx$ son muy utilizados como un índice comercial, en la medición de la concentración de sólidos solubles, azúcares, sales y especialmente en la fruticultura y horticultura para efectuar un seguimiento del grado de madurez de los frutos^{5,6}, en la industria de bebidas naturales y sintéticas basadas en jugos de frutas, por ser un parámetro que aporta un valor aproximado de la concentración de azúcares que se acepta convencionalmente como si todos los sólidos disueltos fueran sacarosa. Guarda una relación directa con el índice de refracción, parámetro cuya determinación se fundamenta en la refractometría^{7,8,9}, que es una técnica analítica que se basa en un método óptico que estudia la propagación de un haz o rayo luz en medios de distintas densidades.

⁴ C. Allendoerfer y C. Oakley. *Fundamentos de Matemáticas Universitarias*. McGraw-Hill, 1995.

⁵ P. Angón-Galván, N. F. Santos Sánchez y C. G. Hernández. «Índices para la determinación de las condiciones óptimas de maduración de un fruto.» En: *Revista Ciencia y Tecnología* 10.30 (2006), págs. 3-8.

⁶ V. Urbina Vallejo. *Capítulo 5. Maduración de los frutos*. Inf. téc. Departamento de Hortofruticultura, Botánica y Jardinería - U. de Lleida, 2002. URL: ocw.udl.cat/engineering-ii/1-6/monografia-no-6-cap.-5.-maduracion-de-los-frutos.

⁷ R. A. Young H. D. y Freedman. «Física Universitaria, con Física Moderna. Volumen 2.» En: Editorial Pearson Educación, 2009. Cap. 33. Naturaleza y propagación de la luz.

⁸ P. N. Fogantini. «Diseño experimental: Refracción de la luz». 2001. URL: <http://www.ib.edu.ar/becaib/cd-ib/trabajos/Fogantini.pdf>.

⁹ La Vaccara Sandoval, *Determinación de Propiedades Intensivas en Sistemas Materiales: Índices de Refracción y Potenciales Nernstianos como casos Guía (Parte II)*.

3. Grados Brix - Barbagelata y col.

Cuando un rayo de luz atraviesa un medio uniforme, tiene la particularidad de propagarse en línea recta y a velocidad constante, pero cuando cambia de medio también cambiará su trayectoria y velocidad. Esto que ocurre cuando el rayo incide oblicuamente sobre la superficie de separación de dos medios que tienen distinta densidad es lo que se conoce como “refracción”¹⁰.

En la Figura 3.1 se puede observar la trayectoria de un rayo de luz que atraviesa dos medios de distinta densidad. El ángulo de incidencia sobre la superficie de separación de los medios y con respecto a la normal (N) es (θ_i) y el ángulo de refracción es (θ_r).

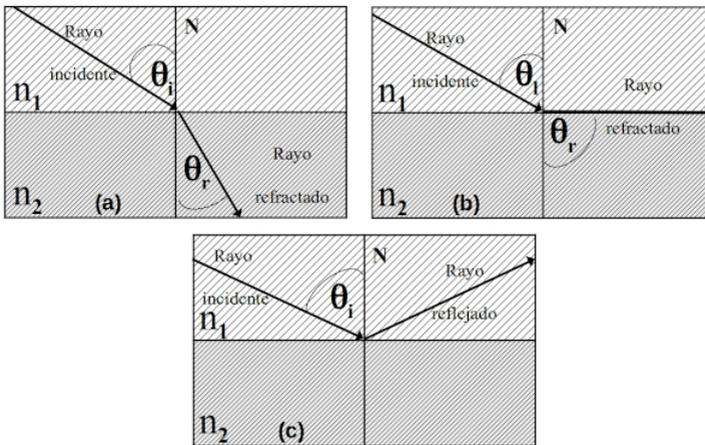


Figura 3.1. Propagación de un rayo de luz desde un medio menos denso (n_1) a otro más denso (n_2). N = Normal, θ_i = ángulo de incidencia y θ_r = ángulo de refracción. (a) $\theta_i < \theta_l$, (b) $\theta_i = \theta_l$, $\theta_r = 90^\circ$ y (c) $\theta_i > \theta_l$ (reflexión total).

Existe un ángulo θ_l , denominado “crítico o límite” para el cual el ángulo θ_r es igual a 90° (Figura 3.1b). Cuando θ_i , es mayor que θ_l , el rayo de luz ya no se puede refractar y sufrirá una reflexión

¹⁰ Ver refs. 8 y 9.

3. Grados Brix - Barbagelata y col.

total (Figura 3.1c). Debe considerarse que la trayectoria de todo rayo refractado es reversible.

De manera general se puede decir que la velocidad de un rayo de luz cuando atraviesa un sistema material cualquiera, es menor que la del mismo rayo cuando el sistema material que atraviesa está formado solamente por aire. Esto permite hablar aquí del “Índice de refracción” (n) que es una característica óptica propia de una sustancia y que se define matemáticamente como la “razón” entre la velocidad de la luz en el vacío ($c = 3,0 \times 10^8$ m/s) y la velocidad de la luz en la sustancia en estudio (v).

$$n = c/v$$

De acuerdo a la razón presentada se deduce que el índice de refracción es una magnitud adimensional y mayor que la unidad. Si consideramos que la sustancia en estudio es el agua y como la velocidad de la luz en este medio es aproximadamente igual a $2,25 \times 10^8$ m/s, aplicando la razón presentada se obtiene como resultado el valor de 1,3333 medida que corresponde al índice de refracción del agua destilada.

Tabla 3.1. Índices de refracción para distintas sustancias.

Sustancia	Índice de refracción
Vidrio Pirex	1,470
Diamante	2,417
Alcohol etílico	1,360
Agua	1,333
Hielo	1,309

El índice de refracción permite investigar sobre el grado de pureza de un sistema, si se trata de un único compuesto (Tabla 3.1). En el caso de disoluciones, como por ejemplo las azucaradas,

3. Grados Brix - Barbagelata y col.

se puede investigar sobre la composición de las mismas haciendo referencia a la concentración. En estos casos a mayor contenido de azúcares en la disolución, mayor será su densidad, mayor el grado de desviación de la trayectoria del haz de luz incidente y por lo tanto, menor su velocidad. De acuerdo a la razón presentada anteriormente, $n = c/v$, observamos que “ n ” es inversamente proporcional a la velocidad, es decir,

> Concentración de la disolución < Velocidad del haz de luz > Índice de refracción

El índice de refracción puede ser determinado mediante mediciones refractométricas que se hacen empleando instrumentos denominados refractómetros, los cuales pueden ser de mesa (Figuras 3.2) o de campo (Figura 3.6).

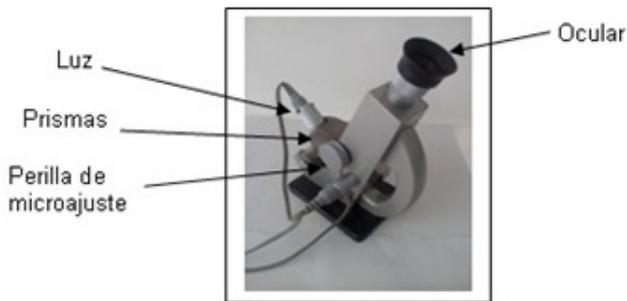


Figura 3.2. Refractómetro de mesa.

La Figura 3.3 muestra un esquema abreviado del sistema interno de un refractómetro, donde se aprecian el prisma de refracción, la ubicación de la muestra, la trayectoria de los haces de luz incidente y refractado y la imagen observada en el ocular.

Los refractómetros se basan en el principio del ángulo límite y su escala es el índice de refracción. Hay otras escalas basadas en ésta, a partir de las cuales se obtienen medidas como la densidad y los grados °Bx de disoluciones azucaradas y salinas.

3. Grados Brix - Barbagelata y col.

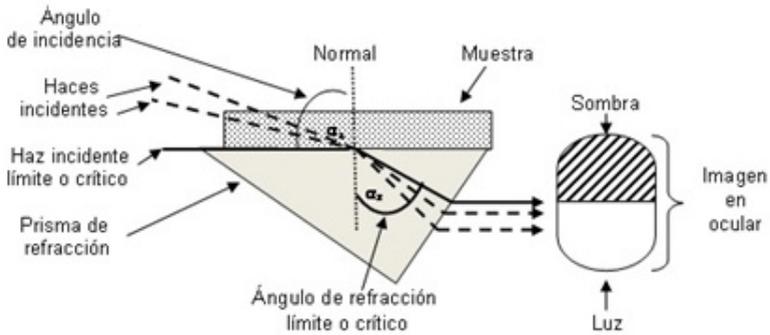


Figura 3.3. Esquema de un refractómetro.

Tabla 3.2. Interconversión entre tipos de concentración a 20 °C.

Índice de refracción	Densidad	°Bx (%m/m)
1,3333	1,0000	0
1,3403	1,0096	5
1,3478	1,0400	10
1,3557	1,0610	15
1,3638	1,0829	20
1,3723	1,1055	25
1,3812	1,1200	30
1,3903	1,1533	35
1,3999	1,1785	40
1,4099	1,2047	45
1,4201	1,2317	50
1,4308	1,2598	55
1,4419	1,2887	60
1,4535	1,3187	65
1,4655	1,3496	70
1,4779	1,3814	75
1,4907	1,4142	80

3. Grados Brix - Barbagelata y col.

En la Tabla 3.2 de la página anterior se presentaron datos de conversión entre valores de índice de refracción, densidad y °Bx para disoluciones azucaradas que fueron preparadas con distinta concentración porcentual m/m y cuyas mediciones se efectuaron a una temperatura de 20 °C según las normas de calidad.

En los casos en que es necesario y si las normas de calidad lo establecen, se pueden efectuar correcciones de la lectura refractométrica mediante factores que dependen de otras sustancias que pueden estar afectando en más o en menos los valores, como pueden ser la presencia de alcohol o ácidos orgánicos.

3.2 Propuesta experimental de laboratorio

Metodología propuesta: Preparación de soluciones y evaluación de los cambios en las concentraciones de las mismas en base al empleo de instrumental de laboratorio disponible y de fácil acceso. Confección de informes de laboratorio¹¹.

¹¹ M. Mayén Riego. «Prácticas de Química General Montes». ETSIAM - U. de Córdoba. 2013. URL: <http://www.uco.es/~qelmarim/Practica1.pdf>.

TRABAJO PRÁCTICO DE LABORATORIO: PREPARACIÓN DE
DISOLUCIONES Y DETERMINACIÓN DE LA
CONCENTRACIÓN POR REFRACTOMETRÍA

OBJETIVOS

- a. Familiarizarse con el material de laboratorio.
- b. Aprender a preparar disoluciones de una concentración determinada.
- c. Manejar las distintas formas de expresar la concentración.
- d. Empleo de equipos de laboratorio: Balanzas y Refractómetros.
- e. Aplicación profesional en el Campo Agrario.

3.3 Procedimiento experimental

- A. Preparar disoluciones acuosas con una concentración de 5, 10, 15 y 20 g de sacarosa/100 gramos de disolución, según datos especificados en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3. Preparación de soluciones patrón.

Vaso N°	Sacarosa (%) m/m	Masa de sacarosa (g)	Masa de agua* (g)	Total (g)
1	5	5	95	100
2	10	10	90	100
3	15	15	85	100
4	20	20	80	100

3. Grados Brix - Barbagelata y col.

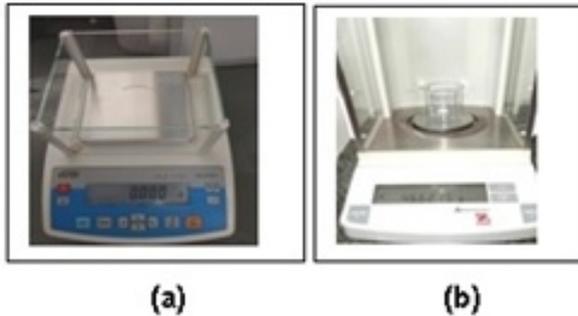


Figura 3.4. Balanzas electrónicas: a) Granataria; b) Analítica.

- Masa de sacarosa: Para pesar sustancias se puede utilizar la balanza electrónica granataria (Figura 3.4a).

Las balanzas granatarias son de precisión media, con una sensibilidad de 0,1 g o 0,01 g. Se suele emplear para pesar una cantidad grande de sustancia por ejemplo como es en nuestro caso, de 5 g o mayor. La balanza analítica se usa en trabajos de mayor precisión¹². La pesada en una balanza granataria es sencilla, sólo hay que seguir los pasos siguientes:

- i. Encender la balanza.
- ii. Poner sobre el platillo de la balanza, un vidrio de reloj (Figura 3.5a) o un vaso de precipitado de 250 mL (Figura 3.5b).

¹¹ Considerando para el agua destilada δ_{H_2O} a 20 °C = 1,000 g/mL.

¹² La balanza analítica, (Figura 3.4b) se utiliza para pesar sólidos con gran exactitud, ya que tienen una precisión mínima de 0,1 mg. El funcionamiento es similar al anterior con la precaución de cerrar las ventanitas una vez que se haya depositado la sustancia, ya que las corrientes de aire pueden alterar la medida. De igual forma hay que evitar las vibraciones de la mesa en la que se encuentra la balanza.

3. Grados Brix - Barbagelata y col.

- iii. Poner la balanza en "0"(tarar la balanza).
- iv. Añadir con una espátula (Figura 3.5c) la cantidad de sustancia necesaria (sacarosa) hasta el peso previsto.
- v. Apagar la balanza y limpiar si es necesario.

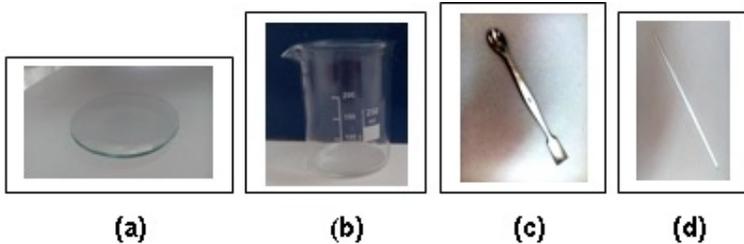


Figura 3.5. Material de laboratorio: a) Vidrio de reloj; b) Vaso de precipitado; c) Espátula metálica; d) Varilla de vidrio.

- Masa de agua: para preparar cada disolución, se procede de la misma manera que para la pesada de sacarosa, en este caso empleando un vaso de precipitado donde se colocará la correspondiente masa de agua. Posteriormente se trasvasará a sendos vasos de precipitados.
 - Disolver las distintas masas de sacarosa en los vasos de precipitado con la respectiva masa de agua destilada para cada disolución. Para favorecer la disolución se empleará una varilla de vidrio (Figura 3.5d).
- B. Medir los °Bx de las disoluciones preparadas. Antes de dar inicio a las mediciones en las distintas muestras, se procederá a calibrar el refractómetro, (Figura 3.6) mediante el empleo de agua destilada. Para tal fin y empleando una pipeta Pasteur (Figura 3.6), se colocará una gota de agua destilada sobre la superficie del prisma correspondiente al refractómetro de mano.

3. Grados Brix - Barbagelata y col.

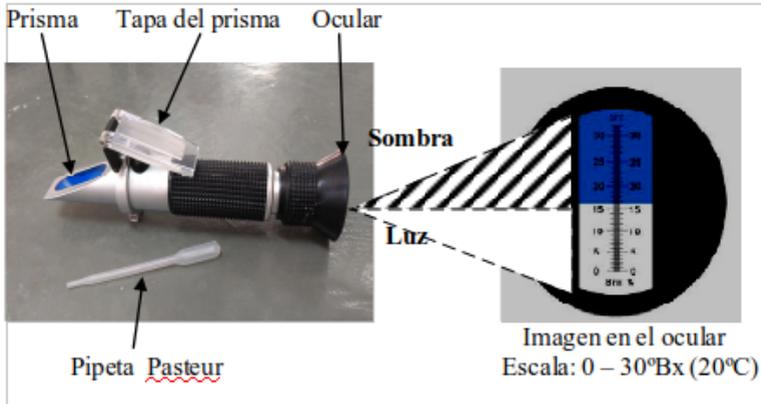


Figura 3.6. Refractómetro de mano e imagen en el ocular.

Se cierra la tapa para que la disolución se distribuya homogéneamente sobre la superficie del prisma. Se evita la aparición de burbujas de aire moviendo ligeramente la tapa. El valor numérico se observa en la escala a través del ocular dirigiendo el refractómetro hacia la luz.

El valor de la lectura para esta medición deberá ser cero, es decir coincidir con el cero de la escala numérica en °Bx que se observará en el refractómetro, caso contrario se deberá hacer el respectivo ajuste de la escala. El prisma y la tapa del refractómetro se limpian con agua destilada y se secan cuidadosamente, cada vez que se realiza una lectura. Tener como precaución que no se raye el prisma.

Luego se realizará el mismo procedimiento para cada una de las disoluciones de sacarosa que se prepararon. Con los datos obtenidos completar la Tabla 3.4 de registro de datos.

3. Grados Brix - Barbagelata y col.

Tabla 3.4. Registro de datos.

Vaso N°	(%) m/m	°Bx a 20 °C
1		
2		
3		
4		

- C. Con los valores de la Tabla 3.4, representar gráficamente en la Figura 3.7, los °Bx en función de la concentración porcentual (% m/m) de sacarosa.



Figura 3.7. °Bx en función de la concentración %m/m de sacarosa.

- D. Determinación de los °Bx en muestras de manzanas, peras y uvas

El momento adecuado de la cosecha está estrechamente relacionado con el grado de madurez de la fruta que a su vez

3. Grados Brix - Barbagelata y col.

está correlacionado con determinados índices o parámetros, algunos de los cuales, son utilizados para establecer rangos mínimos y máximos aceptables de acuerdo al destino de la fruta, una vez cosechada. Esto implica disminuir la posibilidad de pérdidas durante el almacenamiento y comercialización, debido a desórdenes fisiológicos propios de frutas inmaduras o sobremaduras.

Entre los índices utilizados como datos confiables para decidir cuándo iniciar la cosecha se encuentran: peso y diámetro del fruto, color de la piel, firmeza de la pulpa, contenido de azúcares o sólidos solubles ($^{\circ}Bx$), contenido de almidón, color de la semilla, nivel de producción de etileno y acidez titulable.

Entre estos índices, el de los $^{\circ}Bx$ es muy empleado, teniendo en cuenta que su determinación como pudo verse no es complicada ni onerosa y se ve favorecida por su facilidad de aplicación directamente en el campo, además de tener la particularidad de ir aumentando a medida que la fruta madura, por lo que, permite estimar la fecha de cosecha del fruto de acuerdo al destino que se le dará al mismo.

Por otra parte también esta determinación es muy empleada en la industria de elaboración de jugos de frutas naturales como también en jugos artificiales, mermeladas y dulces.

PROPUESTA DE APLICACIÓN EN LABORATORIO Y A CAMPO

Objetivo: Determinar los $^{\circ}Bx$ en distintos frutos de cosecha, disponibles en el laboratorio y procedentes del sector Agrícola. Confeccionar una planilla de datos y efectuar un informe previa evaluación de los mismos.

Procedimiento: Antes de dar inicio a las mediciones de los $^{\circ}Bx$ en las muestras, se procederá a *calibrar el refractómetro*, siguiendo

3. Grados Brix - Barbagelata y col.

los pasos descritos el apartado “B” de la propuesta precedente: Medir los °Bx.

Las determinaciones se harán sobre muestras de pulpa o jugo obtenido de los distintos frutos. Para el caso de las manzanas y peras se procederá a moler los frutos y posteriormente prensar la pulpa para poder obtener la muestra de jugo representativa, la cual se colocará sobre el prisma del refractómetro empleando la pipeta Pasteur. Para el caso de las uvas se procederá a prensar el fruto y de esta manera obtener la respectiva muestra.

Para evitar posibles errores, se deberá tener la precaución de lavar con agua destilada y secar el prisma del refractómetro después de cada lectura.

Con los valores obtenidos se irá completando la tabla 3.5 que se presenta a continuación:

Tabla 3.5. Resultados obtenidos.

Muestra N°	Fecha	Fruto	Características	°Bx
1				
2				
3				
4				

Resultados y conclusiones: A partir de los datos obtenidos para las lecturas refractométricas de las muestras, se deberán sacar conclusiones y efectuar comentarios en cuanto al tipo de fruto, contenido de azúcares y grado de madurez.

4. Conociendo la química del "falso pimentero" (Aguaribay). Aportes a la docencia D. E. Andrade^a, R. J. Barbagelata^{a,b}.

Palabras clave: Aguaribay, falso pimentero, aceites esenciales, destilación, maceración, extractos.

4.1 Introducción

El *Schinus molle* L. (aguaribay, moreira-falsa, “molle”, familia Anacardiaceae), es un árbol nativo de América del Sur de la región andino-peruana, considerado sagrado por los Incas. Se lo conoce también como gualeguay, terebinto, anacahuita y pimentero.

Se lo describe como un árbol de porte mediano, aunque puede alcanzar varios metros de altura. Su tronco puede llegar hasta un metro o más de diámetro y presenta una corteza áspera y rojiza. Sus flores son unisexuales en tallos y troncos separados, por lo que los géneros masculino y femenino se encuentran en ejemplares separados. Las flores evolucionan en frutos y semillas casi esféricas, de color rojo cuando están maduras (Figura 4.1)¹.

^aFacultad de Ingeniería-Departamento de Química- Universidad Nacional del Comahue.

^bGrupo de Estudios en Materiales Adsorbentes. PROBIEN-CONICET-UNCo, Buenos Aires 1400, Neuquén, Argentina.

Diana Elisa Andrade - dianaelisa1959@yahoo.com.ar

¹ R. Carrere. «Anacahuita (*Schinus molle*): la indígena mas popular». En: *Colección del Grupo Guayubira sobre especies indígenas* 15 (2009). URL: <http://guayubira.org.uy/monte/Anacahuita.pdf>.

4. Falso pimentero - Andrade, Barbagelata



Figura 4.1. Árbol de Aguaribay: a) Follaje sin frutos; b) Follaje con frutos rojos.

Por ser levemente picantes se las suele usar en empanadas y embutidos, sustituyendo de esta manera a la pimienta. Sus hojas, frutos y semillas al ser friccionados emiten un olor fuertemente aromático debido a que son ricos en aceites esenciales, los cuales presentan actividad acaricida²; antibacteriana³ y antimicótica⁴. Generalmente sus aceites esenciales son solubles en solventes orgánicos presentando densidad menor que el agua. Estas características le confieren atributos medicinales, propiedad poco estudiada científicamente, aunque se tiene registro que sus hojas

² M. Guala y col. «Efecto acaricida del aceite esencial de aguaribay (*Schinus molle*) y sus fracciones en colmenares de abejas (*Apis mellifera*) en relación con la composición química». En: *Información tecnológica* 25.2 (2014), págs. 151-156. URL: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext%5C&pid=S0718-07642014000200017%5C&nrm=iso.

³ E. V. Padín. «Obtención, caracterización y determinación de la actividad antimicrobiana de la oleorresina de las bayas de Aguaribay (*Schinus molle* Linn.)» Tesis doct. Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina., 2917. URL: <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/646>.

⁴ S. K. Llanos-Arapa. «Extracción y caracterización del aceite esencial de molle (*Schinus molle* L.)» En: 2012. URL: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2917>.

son usadas como insecticidas por medio de la fricción y también el jugo de ellas disueltos en leche tienen uso oftalmológico.

Los frutos macerados originan una bebida similar a la cerveza caliente que puede reemplazar al vinagre, mientras que es poco lo que se tiene registrado en cuanto al uso de la corteza.

4.2 Propuesta experimental

Objetivo

En el presente trabajo se propone obtener extractos aromáticos⁵ de las semillas maduras (pimienta roja) de árboles de Aguaribay, mediante los procesos físicos de destilación y extracción por solvente, en el laboratorio de Química Analítica.

Metodología:

La propuesta consiste en realizar un macerado de las semillas⁶ a las que previamente se le separa la cáscara. Se trabaja con dos muestras: semillas trituradas y sin triturar. En ambos casos se procede a efectuar un macerado, empleando agua destilada como agente de maceración. Se deja reposar las muestras por un período de tiempo de 24 horas, y posteriormente se procede a efectuar un destilado de las mismas.

Sobre la cáscara separada de las semillas, se efectúa una extracción de sustancias aromáticas mediante el empleo de solventes: orgánico como es el etanol e inorgánico como el agua, considerado este último como solvente universal. Para el caso de la extracción con alcohol, ésta se efectúa a temperatura ambiente,

⁵ Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). *Introducción a la industria de los aceites esenciales extraídos de plantas medicinales y aromáticas*. 2004. URL: <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/1643>.

⁶ H. A. Peredo-Luna, E. Palou-García y A. López-Malo. «Aceites esenciales: métodos de extracción.» En: *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos (TSIA)* 3.1 (2009), págs. 24-32. URL: <https://tsia.udlap.mx/aceites-esenciales-metodos-de-extraccion/>.

teniendo en cuenta las condiciones de volatilidad del etanol, mientras que para el caso del agua se trabaja a dos temperaturas a fin de evaluar la mejor condición de extracción.

Sobre los destilados y extractos obtenidos se realizan simples determinaciones fisicoquímicas preliminares, y una caracterización espectrofotométrica mediante una curva espectral de absorción, con un barrido comprendido entre 200 y 400 nm de longitud de onda, a efectos de evaluar y poder comparar las características de cada uno de los extractos a través de los distintos espectros⁷.

Sobre los respectivos destilados se procede a efectuar una evaluación sensorial, con un panel conformado por estudiantes avanzados de la carrera de Ingeniería Química y del profesorado en Química, de la Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue.

4.3 Procedimiento

Materiales y métodos

Se comenzó con el diseño experimental de muestreo para la recolección de semillas maduras (pimienta roja) de diferentes árboles de Aguaribay, ubicados en la zona de bardas, sede central de la Universidad Nacional del Comahue, que cuenta con muchos ejemplares de este tipo de árbol.

Las semillas recolectadas se colocaron sobre hojas de papel blanco absorbente, y se dejaron secar al sol, en condiciones de temperatura ambiente, durante una semana.

Al cabo de dicho tiempo las semillas fueron retiradas en forma manual de cada racimo, se mezclaron y se procedió en forma suave, a retirar la cubierta roja de cada una de ellas. Las condiciones experimentales ensayadas en el laboratorio de Química Analítica, fueron las siguientes:

⁷ Ver ref.3, pág. 46

4. Falso pimentero - Andrade, Barbagelata

A. Destilado de las semillas:

1. Sin cáscara y sin triturar.
2. Sin cáscara y trituradas previamente en mortero.

B. Maceración de las cáscaras de las semillas en:

1. Agua a dos temperaturas diferentes: 15 y 60 °C.
2. Alcohol a temperatura ambiente.

A. 1 y 2: Obtención del destilado de semillas.

En esta etapa se procede a efectuar la extracción de los aceites esenciales mediante el empleo del método físico de destilación, efectuando una hidratación previa de la muestra a la cual se le separó previamente la cáscara (Figura 4.2).

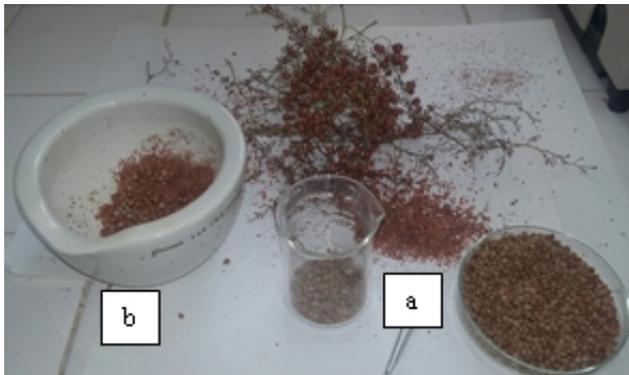


Figura 4.2. Árbol de Aguaribay: a) Semillas; b) Cáscara de las semillas.

Por un lado se trabajó con la muestra sin triturar y por otro trituriéndola previamente. Para llevar a cabo el proceso se pesa una determinada masa de semillas, en nuestro caso 50 g y se

4. Falso pimentero - Andrade, Barbagelata

mezcla la muestra, sin triturar, con un volumen de 100 mL de agua destilada.

Si consideramos las condiciones de trabajo (temperatura ambiente de 20 °C) la densidad del agua (δ_{H_2O}) es igual a 1,000 g/mL, la concentración del sistema preparado es igual al 50 % m/m. La muestra posteriormente se coloca en un matraz de destilación de características similares a un balón Engler con doble boca. En ambas bocas se colocan sendos termómetros a fin de poder controlar de manera efectiva la temperatura: al momento del inicio de la ebullición y por otro lado la temperatura a la cual ingresan los vapores en el sistema de condensación (refrigerante de Liebig) (Figura 4.3).

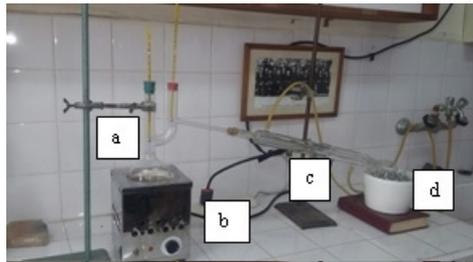


Figura 4.3. Equipo de destilación: a) Balón tipo Engler, de dos bocas; b) Manta calefactora; c) Refrigerante tipo Liebig; d) Erlenmeyer (Recipiente colector de muestra).

Las condiciones del proceso implementado y el equipamiento empleado, tienen como objetivo simular condiciones análogas a un modelo de destilación por arrastre con vapor.

De acuerdo a lo comentado, se inicia el calentamiento mediante el empleo de una manta calefactora y al cabo de 10 min se observa en el refrigerante la aparición de la primer gota de del condensado. La temperatura observada en ese momento, en ambos termómetros fue de 99,7 °C. El tiempo de destilación se

prolonga por un período de 55 min más, momento en el cual se puede observar que no existe desprendimiento de vapores en el balón. Se suprime la calefacción del sistema, evitando de esta manera la sequedad de la muestra en el mismo.

Los destilados se colectan en probetas de 100 mL y sobre ellos se efectúa la observación macroscópica y la determinación de pH; luego se los trasvasa a frascos color caramelo para ser conservados a temperatura ambiente.

Para el caso de la muestra triturada, el procedimiento seguido fue similar y manteniendo las mismas condiciones descriptas para el caso de las muestras sin triturar.

Resultados obtenidos

De los destilados obtenidos a partir de las semillas sin triturar y trituradas, se procede a realizar una visualización macroscópica de los mismos, en los que se puede observar claramente un sistema material heterogéneo, formado por dos fases: pequeñas gotitas de consistencia viscosa (fase 1) flotando en la superficie del líquido colectado (fase 2). Esto estaría mostrando la presencia de aceites esenciales, que presentan menor densidad que la fase líquida acuosa. Además, se procede a efectuar la determinación de pH a 20 °C en los macerados de semillas sin triturar y trituradas y en los respectivos destilados (Tabla 4.1).

Tabla 4.1. Valores de pH medidos a 20 °C.

Semillas	Macerado	Destilado
Sin triturar	4,57	5,93
Trituradas	4,51	5,90

4. Falso pimentero - Andrade, Barbajelata

B. 1 y 2: Obtención de los extractos de macerados de las semillas.

En esta etapa se procede a trabajar con la cáscara que fuera separada de las semillas, con la finalidad de proceder a realizar una extracción física de sustancias solubles: por un lado, en agua (disolvente universal) a dos temperaturas distintas, y por otro lado empleando un solvente orgánico de fácil disponibilidad en cualquier laboratorio químico de docencia, como es el etanol, C_2H_5OH .

Etapa “B1” (Tratamiento con agua destilada): se pesan por duplicado 1,250 g de cáscara de semillas y se las coloca en sendos frascos Erlenmeyer. Se adiciona a ambas masas igual volumen de agua destilada (10 mL), a una temperatura de 15 °C en un caso y a 60 °C en el otro.

Etapa “B2” (Tratamiento con alcohol): se procede de manera similar a la anterior en cuanto a masa procesada y volumen del agente de extracción, pero la temperatura inicial del proceso es a temperatura ambiente, teniendo en cuenta las condiciones de volatilidad del alcohol, de tendencia elevada a pasar a fase de vapor.

En ambas etapas los recipientes conteniendo los extractos son cubiertos con papel film y se dejan reposar durante 7 días, período al cabo del cual se efectúa un seguimiento simplemente desde observación macroscópica. Transcurrido ese lapso de tiempo se procede a filtrar los sobrenadantes. En los extractos obtenidos se realiza:

1. Caracterización macroscópica (Color): En cuanto a la observación del color, los tres extractos presentaron características muy similares, tonalidad ocre, diferenciándose en la intensidad (Tabla 4.2).

Tabla 4.2. Caracterización macroscópica de los extractos.

Extracto	Color
Acuoso (15 °C)	Ocre-amarillo
Acuoso (60 °C)	Ocre-dorado
Alcohólico	Ocre oscuro

2. Determinaciones fisicoquímicas (pH en Tabla 3.3).

Tabla 4.3. Determinación de pH en los extractos.

Extracto	pH a 20 °C
Acuoso (15 °C)	4,70
Acuoso (60 °C)	4,51
Alcohólico	4,33

3. Barrido espectral en los extractos obtenidos, rango UV-Visible: En cada uno de los extractos se efectuó una curva espectral con un Espectrofotómetro UV- visible T60 PGI, abarcando un rango de longitudes de onda (λ) comprendido entre los 200 y 405 nm. Para cada una de las muestras, previo al barrido espectral, se efectuaron diluciones 1/25 para la de temperatura inicial igual a 15 °C y 1/50 para el extracto cuya temperatura inicial de proceso fue de 60 °C (Figura 4.4).

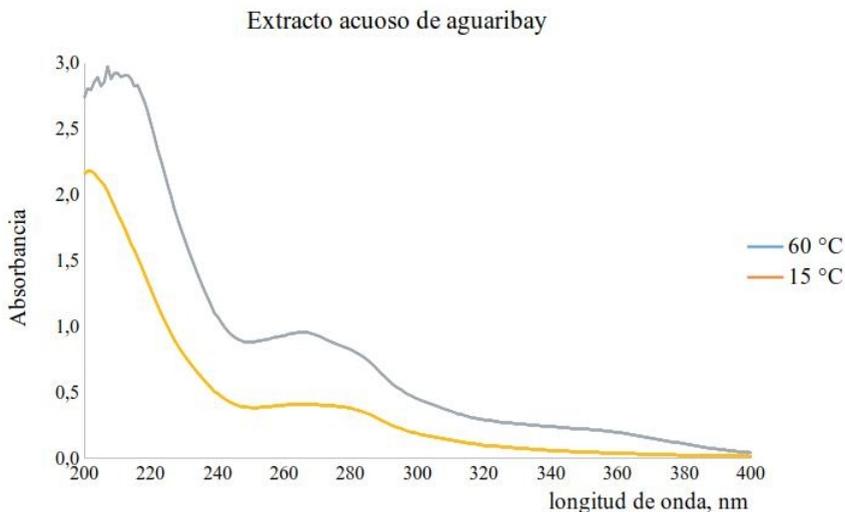


Figura 4.4. Barrido espectral de extractos de Aguaribay.

La dilución efectuada para el extracto alcohólico fue de 1/250 (Figura 4.5). De las gráficas del barrido espectral de los extractos puede observarse que originan curvas muy similares, presentando un pico máximo de absorbancia en la región del espectro correspondiente al ultravioleta, para un λ alrededor de los 272 nm, indicando que el compuesto obtenido mediante los tres procesos, es el mismo. El valor de la longitud de onda citado guarda cierta similitud con lo reportado en otros trabajos publicados⁸. En los tres espectros puede observarse en el extremo inferior del barrido, (con relación a λ) lo que podría denominarse un falso pico, atribuible a la radiación parásita que produce generalmente desviaciones instrumentales de la conocida Ley de Beer.

⁸ Ver ref 6, pág. 47

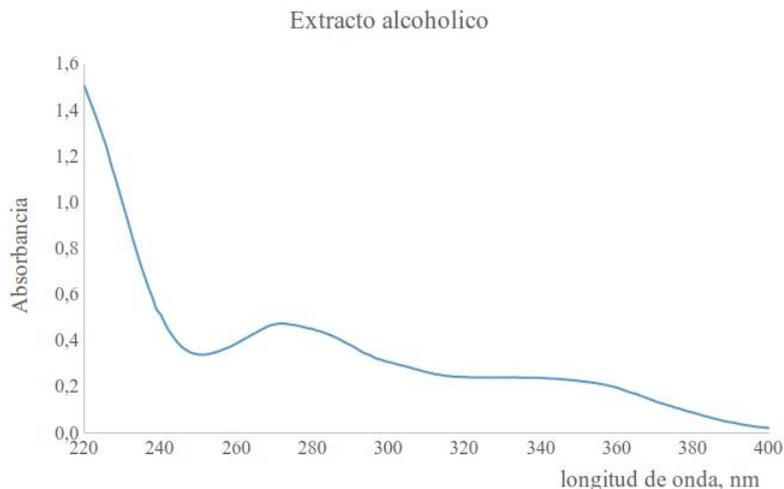


Figura 4.5. Barrido espectral del extracto alcohólico de Aguaribay.

Además, puede inferirse desde las gráficas presentadas, que la diferencia en la intensidad de los picos máximos de λ , es otra forma de explicar que la misma puede ser atribuida directamente a la concentración de los extractos. Las diluciones con que se trabajó para poder obtener las respectivas gráficas, guarda una relación directa con los datos presentados en la Tabla 4.2 haciendo referencia a los colores de los extractos y sus respectivas intensidades. Los datos obtenidos tienen relación directa con el proceso de extracción efectuado, y su rendimiento: mientras que en el extracto alcohólico fue necesario efectuar una dilución 1/250 para poder realizar el barrido espectral, en los acuosos a 60 °C y 15 °C las diluciones fueron respectivamente de 1/50 y 1/25.

Se presenta una comparación (Tabla 4.4) de los tres métodos de extracción empleados, con sus respectivos rendimientos ordenados de forma decreciente, pudiendo

4. Falso pimentero - Andrade, Barbagelata

observar que los mismos responden a resultados esperados teniendo en cuenta el solvente empleado, y la temperatura inicial de extracción.

Tabla 4.4. Rendimientos de los procesos de extracción.

Extracto	Temperatura	Rendimiento
Alcohólico	Ambiente	Mayor
Acuoso	60 °C	Intermedio
Acuoso	15 °C	Menor

Evaluación sensorial.

La evaluación sensorial tiene como fin valorar las propiedades organolépticas de los productos.

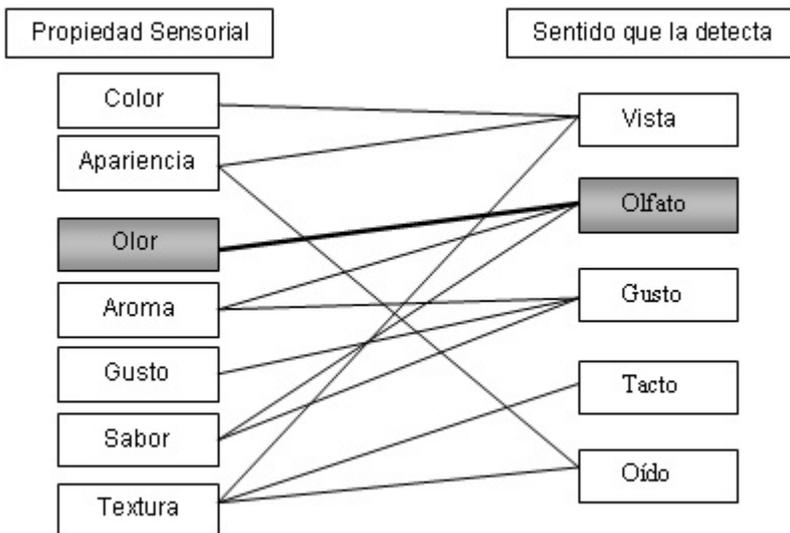


Figura 4.6. Propiedades asociadas a los cinco sentidos.

4. Falso pimentero - Andrade, Barbagelata

En la figura 4.6 se han presentado las propiedades sensoriales, que son los atributos de las sustancias que se detectan por medio de los sentidos y permiten determinar su aceptación o no⁹.

El instrumento de medición para este tipo de análisis es el ser humano, por lo que se toman recaudos para que la respuesta sea objetiva. Se empleó el análisis sensorial descriptivo cualitativo “tratando de ver qué se recordaba y como se podía describir cada olor”, utilizando el proceso mental estímulo - respuesta.

En esta etapa se trata de inspirar las moléculas olfativas de las semillas sin triturar y poder de esta manera analizar las distintas sensaciones relativas que son percibidas haciendo referencia a: Intensidad, calidad y carácter¹⁰.

El panel de evaluadores fue seleccionado al azar, participando del mismo un grupo de 20 estudiantes habituados al trabajo de laboratorios químicos, de las carreras de Ingeniería Química y del Profesorado en Química de la Facultad de Ingeniería, sin características formales de evaluadores acreditados (Tabla 4.5).

Tabla 4.5. Resultados de la evaluación sensorial en cuanto al olor.

Agradable	Intermedio	Desagradable
Picante	No muy intenso	Muy intenso y fuerte
A savia de pino	Amargo	Soportable
A resina	Picante intenso	Irritante
A algún tipo de té	-	-
Confuso	-	-

⁹ G. Reglero-Rada. «Conceptos básicos. Importancia del AS en la industria alimentaria». En: *Curso de análisis sensorial de alimentos*. Ed. por CIAL-CSIC. Universidad Autónoma de Madrid, 2011. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/36089593.pdf>.

¹⁰ Ver ref. 9

4.4 Discusión y conclusiones

Los resultados obtenidos en las distintas etapas llevadas a cabo para la obtención de destilados y extractos acuosos y alcohólicos, permiten realizar los siguientes comentarios:

Destilados:

1. Se observa un efecto directo sobre el pH, cuando las semillas son maceradas sin triturar: pH = 4,57, que para el caso de las semillas trituradas: pH = 4,51; lo que podría atribuirse al aumento de la superficie de contacto, de las semillas con el medio acuoso. Este efecto se ve también reflejado en los respectivos destilados: pH = 5,93 (sin triturar) y pH = 5,90 (trituradas previamente).
2. Los aceites esenciales de Aguaribay, se observaron con la aparición de sistemas heterogéneos de distinta densidad en los destilados, mediante la presencia de pequeñas gotitas viscosas suspendidas en el líquido colectado.
3. Se pueden observar mayor cantidad de gotitas suspendidas en el destilado obtenido a partir de las semillas trituradas.
4. De lo comentado en los ítems anteriores puede estimarse una relación directa entre superficie de contacto, pH y cantidad de aceites esenciales que se obtienen.

Extractos acuosos y alcohólico de las cáscaras de semillas de Aguaribay a distintas temperaturas.

- a. De los tres procesos de extracción realizados puede observarse que los extractos obtenidos, se relacionan con el solvente empleado y la temperatura inicial de extracción.

4. Falso pimentero - Andrade, Barbagelata

- b. Se observa una respuesta directa en lo que respecta al color y las condiciones del proceso de extracción. Igual color en ambos casos, pero con diferencia en cuanto a la intensidad del mismo, siendo mayor en el proceso de extracción con solvente orgánico, y siguiendo en orden decreciente la extracción con solvente inorgánico a mayor temperatura y por último la de menor temperatura.
- c. Según los procesos empleados los valores de pH fueron los siguientes: mayor para la extracción con agua a 15 °C (pH = 4,70) siguiendo en orden decreciente la extracción con agua a 60 °C (pH = 4,51) y por último la extracción con alcohol a temperatura ambiente (pH = 4,33).
- d. De los ítems 2 y 3 el accionar de la temperatura y el solvente empleado, se reflejan en los valores de pH, mayor acidez para las extracciones con etanol y con agua a 60 °C, lo que estaría acorde con la solubilidad de compuestos orgánicos (aceites esenciales) presentes en las cáscaras de las semillas de Aguaribay.
- e. El rendimiento fue mayor en la extracción con alcohol siguiéndole la extracción con agua a temperatura de 60 °C y por último a 15 °C.
- f. El barrido espectral, con un pico máximo de absorbancia alrededor de 272 nm, similar a lo reportado en otros trabajos, estaría indicando analogía en cuanto a la composición de los extractos. Según las diluciones efectuadas puede inferirse que dichos espectros guardan relación directa con el proceso de extracción.
- g. El resultado del análisis efectuado por el panel de evaluadores referido al olor percibido en los destilados de las semillas de Aguaribay fue en general calificado como aceptable.

Perspectivas

El presente trabajo permite estudiar procesos y parámetros fisicoquímicos desde propuestas aplicadas en contextos geográficos cercanos al aula, y continuar con propuestas didácticas así como también proyectar y solapar estos contenidos con trabajos realizados en arcillas y su capacidad de adsorción.

5. Propiedades fisicoquímicas de fangos y aguas como disparadores del aprendizaje.

M. A. Sánchez^{a,b}, M. E. Roca Jalil^{a,b}, D. E. Gamboa Alcaraz^a, V. A. Rodríguez-Ameijide^a, C. O. Soria^a y M. T. Baschini^{a,b}.

Palabras clave: fangos, análisis cualitativo y cuantitativo, adsorción, violeta cristal, iones.

5.1 Introducción

Los denominados peloides conocidos comúnmente como fangos, son utilizados como agentes terapéuticos termales en numerosos balnearios y centros termales. Los peloides tienen una composición variada, que incluye silicatos, carbonatos, sulfatos como también sustancias orgánicas; todos estos compuestos se mezclan con aguas mineromedicinales, provenientes de mar, lagunas o lagos salados, que le otorgan ciertas propiedades para su uso en medicina.

Para poder determinar si una pasta de arcilla, fango o un peloide son apropiados para su uso en peloterapia, es necesario analizar ciertas características tales como: la composición y la granulometría, la cinética de enfriamiento lenta (aporta a su aplicación en termoterapia), alta capacidad de absorción y adsorción, y capacidad de intercambio catiónico, entre las más reconocidas.

^aFacultad de Ingeniería-Departamento de Química- Universidad Nacional del Comahue.

^bGrupo de Estudios en Materiales Adsorbentes. PROBIEN-CONICET-UNCo, Buenos Aires 1400, Neuquén, Argentina.

Miria Baschini - *miria.baschini@fain.uncoma.edu.ar*

Un agua mineral se define a aquella que naturalmente brota de la tierra (de manera espontánea o mediante sondeo) y lleva en disolución sustancias minerales. Cuando es utilizada para tratar alguna dolencia, se denomina agua mineromedicinal¹. Desde el punto de vista fisicoquímico un agua mineral es una solución, es decir, un sistema homogéneo en el que existen diferentes compuestos en general en forma iónica (cationes o aniones). No obstante, en este sistema pueden encontrarse disueltos gases como CO₂ u otras sustancias orgánicas o sólidos suspendidos y en ese caso se puede considerar un sistema heterogéneo.

Las sustancias presentes en estos sistemas son producto de la acción del agua sobre la superficie con la que estuvo en contacto, de la topología del terreno, de la temperatura, de la presión y del tiempo de contacto y a su vez, serán responsables de las propiedades curativas que las mismas puedan presentar². En este sentido, el análisis de aguas mineromedicinales permite en cierto modo analizar y proponer sus posibles aplicaciones terapéuticas, conocer la constancia de la composición de los manantiales.

Con base en estas propiedades, es que en este capítulo se proponen actividades prácticas que permitan abordar diferentes contenidos conceptuales y teóricos propios de la química que a su vez se puedan interconectar con otras disciplinas y que impliquen una aplicación concreta. De esta manera se busca favorecer en los estudiantes el desarrollo de actitudes críticas y analíticas frente a problemas complejos y reales. Las actividades propuestas están enfocadas en el análisis fisicoquímico de aguas mineromedicinales y la capacidad de adsorción y de retención-liberación de calor de fangos provenientes de la región de Neuquén.

¹ D. de Michele y col. «Análisis de las aguas minerales de la provincia de Entre Ríos, Argentina». En: *Balnea* 4 (2008), págs. 55-84.

² Ver ref. 1

De esta manera, el enfoque estará puesto en partir de actividades con facilidad de desarrollo en el laboratorio para plantear actividades conceptuales que permitan trabajarse en el aula³.

5.2 Marco teórico

El análisis de una muestra de agua en el laboratorio requiere de la aplicación de un gran número de diferentes técnicas. En particular las aguas mineromedicinales deben ser analizadas para determinar si cumplen con las propiedades que permitan asignarlas como tales. Así, una vez en el laboratorio, la muestra de agua se somete a diferentes procedimientos que permiten su análisis tanto cualitativo como cuantitativo. En el primer caso son evaluados *cuáles* son los iones o especies presentes mediante diferentes métodos que los pongan en evidencia, en este caso adicionando reactivos específicos de reconocimiento. Mientras que un análisis cuantitativo consiste en determinar *cuánto* de cada uno de los iones identificados previamente hay en cada muestra⁴.

Los fangos o peloides son productos semisólidos, naturales o madurados, y pueden considerarse derivados de las aguas mineromedicinales que les aportan sus componentes y modifican características de los materiales del mismo. En este trabajo utilizaremos fangos provenientes del sistema geotermal Copahue en el que, las condiciones climáticas y ambientales generan materiales con propiedades muy particulares, destacándose la elevada presencia de azufre el cual presenta efectos terapéuticos. En estos fangos los componentes de la fase sólida, en especial

³ L. Mourelle Mosqueira y col. *Curso de Termalismo. Peloides termales*. Servicio de Publicacións da Universidade de Vigo, 2008.

⁴ M. Baschini y col. «Peloides naturales y madurados en el Centro Termal Copahue, Neuquén, Patagonia Argentina.» En: *V CONGRESO IBEROAMERICANO DE PELOIDES, CIBAP 2017*. 2017, págs. 99-101.

el azufre, tanto en su forma elemental como en sus diversas variantes de sulfuros y sulfatos, junto con la presencia de minerales arcillosos que se utilizan en terapéutica, estética y cosmética, tales como caolinita y esmectita, aportan propiedades muy especiales a este material. Estos materiales presentan además propiedades adsorbentes, de intercambio de sustancias cargadas, así como el tamaño de las partículas y su plasticidad que son excelentes en relación a lo requerido para sus aplicaciones terapéuticas. Finalmente, estos fangos muestran propiedades térmicas adecuadas para lograr el efecto esperado durante sus aplicaciones, cuando las mismas se realizan a elevada temperatura⁵.

Objetivos

- Determinar parámetros fisicoquímicos de diferentes muestras de agua mineromedicinales.
- Reconocer la presencia de iones mediante la observación de formación de precipitados o de cambios de color, al agregar diferentes reactivos.
- Comparar los resultados obtenidos con tablas de datos realizados en análisis de laboratorio.
- Evaluar la capacidad de adsorción de fangos de uso terapéuticos mediante el uso de cristal violeta.

5.3 Parte experimental

Materiales y reactivos

- ✓ Muestras de aguas mineromedicinales.
- ✓ Conductímetro y peachímetro.

⁵ Ver ref. 3

- ✓ Soluciones de AgNO_3 , BaCl_2 , KSCN .
- ✓ Indicador Negro de Eriocromo T (NET).
- ✓ Solución buffer ($\text{NH}_4\text{Cl}/\text{NH}_3$).
- ✓ Solución de cristal violeta.
- ✓ Tubos de ensayo y gradilla.
- ✓ Pipeta automática o pipeta de 10 mL y propipeta.
- ✓ Vasos de precipitados.
- ✓ Muestras de fangos.
- ✓ Espátula

Procedimiento.

1. Determinaciones de pH y conductividad.

- ◆ En tubos de ensayo colocar una muestra de agua de unos 8 mL.
- ◆ Utilizando el conductímetro medir y registrar la conductividad.
- ◆ Medir y registrar el pH de las muestras utilizando el peachímetro.

2. Ensayos analíticos

- * En distintos tubos de ensayo, tomar 8 mL de cada una de las muestras de agua disponibles completando un total de cuatro tubos para cada una. Rotular cada uno de los tubos.
- * A los primeros cuatro tubos (cada uno con una muestra diferente) agregar 2 gotas de solución de nitrato de plata (AgNO_3).
- * A los segundos agregar 2 gotas de solución de cloruro de bario (BaCl_2).

5. Fangos y aguas - Sánchez y col.

- * A los terceros agregar 5 gotas de solución de tiocianato de potasio (KSCN) en medio ácido (con HNO₃).
- * Finalmente, agregar gotas de buffer (NH₄Cl/NH₃) hasta obtener pH básico (de 10) y luego una punta de espátula del indicador negro de ericromo T (NET) para los tubos pendientes.

3. Ensayos de adsorción

- ✧ En tubos de ensayo, colocar 8 mL de solución de cristal violeta.
- ✧ A cada uno de los tubos agregar una punta de espátula del fango indicado.
- ✧ Agitar suavemente y dejar reposar 10 min.

5.4 Actividades propuestas para el registro y análisis de resultados en el laboratorio

I. Considerando las experiencias 1 y 2

- a) Con los datos y observaciones de cada uno de los ensayos, realizar una tabla en la que se indiquen todos los resultados.
- b) Escribir en otra tabla, todas las reacciones de identificación que se llevaron a cabo con cada uno de los reactivos utilizados.

II. Considerando la experiencia 3

- a) Observar los resultados alcanzados y analizar lo sucedido en cada tubo, ¿Se ven claras diferencias entre ellos? Explicar.
- b) Registrar lo que observa en cada tubo y realizar comparaciones entre ellos.

5.5 Actividades propuestas para trabajo en el aula

1. Evaluación de curvas de enfriamiento.

Entre las propiedades que debe presentar un fango para su aplicación, una de las más importantes es la cinética de enfriamiento lenta, ya que el calor aportado por el fango es también un agente terapéutico y debido a esto para muchas aplicaciones el peloide debe mantenerse a una temperatura superior a la corporal durante el tiempo de aplicación⁶.

A continuación se presentan las curvas de enfriamiento para un agua y dos fangos (Figura 5.1) de la zona de Copahue.

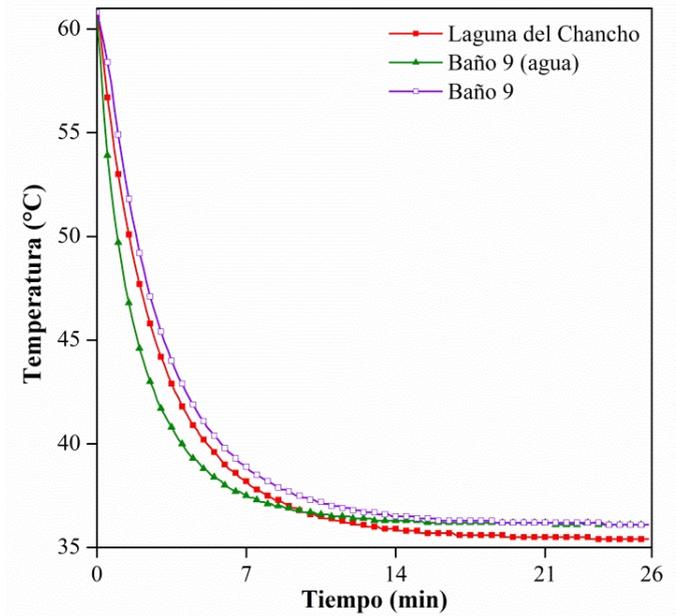


Figura 5.1. Curvas de enfriamiento para diferentes matrices.

⁶ Ver ref. 4

5. Fangos y aguas - Sánchez y col.

¿Qué observaciones puede realizar de las mismas? ¿Cuál es la clase de representación gráfica que se realiza? ¿Sabe usted como se obtienen los datos? Considerando que el calor específico del agua es de 4,18 J/gK y el de uno de estos fangos es de 3,02 J/gK, ¿a qué aspectos podría atribuirle estas diferencias?

2. Interpretación de resultados.

Considerando los análisis cualitativos llevados a cabo en el laboratorio y a partir de los análisis cuantitativos presentados en la figura siguiente, evalúe los resultados comparativamente y responda: ¿Son consistentes estos resultados con lo obtenido en el laboratorio? ¿La intensidad del color observado en el ensayo cualitativo es útil para relacionar la cantidad de catión presente?

Laboratorio de Aguas y Aleaciones (LAA) FACULTAD DE INGENIERIA UNCO							
AGUA DE VOLCAN							
Situación				Localidad: Copahué			
				Fecha: 21-12-12			
				Provincia: Neuquen			
PROPIEDADES FISICOQUIMICAS							
TEMPERATURA				°C		sin datos	
CONDUCTIVIDAD				μS cm ⁻¹		90000	
pH a temperatura del manantial						menor de 1	
TURBIDEZ				UNT			
RESIDUO SECO							
mg/L (105°C)				45428			
RESIDUO SECO							
mg/L (180°C)				33420			
SUSTANCIAS DISUELTAS							
ANIONES				CATIONES			
	mg/L	meq/L	% meq		mg/L	meq/L	% meq
Cl ⁻	8472.9	239.01	44.0	Na ⁺	691.6	30.07	12.7
F ⁻				K ⁺	900.1	23.02	9.7
HCO ₃ ⁻	0	0	0.0	Li ⁺			
CO ₃ ²⁻				Ca ²⁺	1774.2	88.71	37.4
NO ₃ ⁻				Mg ²⁺	746.3	61.42	25.9
SO ₄ ²⁻	14600.2	304.17	56.0	Fe total	634	34.09	14.4
		Suma	100.0		Suma	100.0	
PROPIEDADES DERIVADAS							
DUREZA				mg/L CaCO ₃		39238	
ALCALINIDAD				mg/L CaCO ₃		0	

Figura 5.2. Datos de análisis fisicoquímico.

3. Formas de expresión.

En los análisis cuantitativos mostrados en la tabla precedente las unidades en las que se informan aniones y cationes son ppm. Transforme los valores a meq/L de cada uno de las especies analizadas.

5.6 Resultados y discusión

Los sólidos totales disueltos (STD) son la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua. Esto incluye cualquier elemento presente en el agua que no sea molécula de agua pura (H_2O) y sólidos en suspensión. Una manera rápida y simplificada de medir los STD de una muestra de agua es la conductividad eléctrica. El hecho se basa en la capacidad de una solución para conducir la corriente eléctrica en función de la concentración de iones en ella presentes. Por tanto se espera que en soluciones con mayor concentración iónica presenten mayores conductividades y, por consiguiente, menor resistencia. A partir de los valores de conductividad se pueden estimar la cantidad de sales disueltas en el medio, esto es, a mayor conductividad mayor será la concentración de sales.

En la experiencia llevada a cabo se midió la conductividad utilizando en campo, obteniendo además información sobre otros parámetros, como STD, resistividad, etc. Además se midió el pH de las muestras, cuyos resultados se muestran en la tabla 5.1. A partir de la conductividad se puede determinar cuál de las muestras presenta mayor cantidad de sales disueltas, siendo en este caso LM (Laguna de Maduración) mientras que la que menor cantidad presenta es MS (Laguna Madre Sulfurosa). Esto tiene relación con los valores STD que se muestran en las tablas de análisis fisicoquímicos de aguas; el mayor valor observado es para LM mientras que el menor es de MS.

5. Fangos y aguas - Sánchez y col.

En cuanto a los valores de pH se observó que están en el rango de valores ácidos, lo que se relaciona con las características del sistema del cual provienen en el que, gran cantidad de ácido sulfhídrico es emanado desde el suelo a la superficie y por esto se encuentra en contacto con los fangos permaneciendo gran parte del mismo en las aguas en su forma oxidada, es decir como sulfatos.

Tabla 5.1. Valores de pH y conductividad de muestras de agua.

Muestra	MS	LC	LM	M0	Blanco
pH	4,68	3,50	3,50	5,55	5,60
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	96	264	271	224	1,69

En la tabla 5.2 se presentan todas las reacciones que se originan para determinar cada uno de los iones presentes en las muestras de agua, y se especifica el fenómeno ocurrido para reconocerlo, ya que se trata de métodos cualitativos. Esta experiencia, fue llevada a cabo utilizando diferentes muestras de agua, agua de volcán, baño 9, madre sulfurosa, entre otras, correspondientes a la zonas termales de Copahue (Neuquén).

Tabla 5.2. Ecuaciones de reacciones de identificación de iones.

Reactivo	Reacción química
AgNO_3	$\text{AgNO}_3 (\text{ac}) + \text{Cl}^- (\text{ac}) \longrightarrow \text{AgCl} (\text{s}) + \text{NO}_3^-$
BaCl_2	$\text{BaCl}_2 (\text{ac}) + \text{SO}_4^{2-} (\text{ac}) \longrightarrow \text{BaSO}_4 (\text{s}) + 2 \text{Cl}^-$
KSCN	$\text{Fe}^{3+} (\text{ac}) + 6 \text{SCN}^- (\text{ac}) \longrightarrow [\text{Fe}(\text{SCN})_6]^{3-} (\text{ac})$
NET	$\text{HIn}^{2-} (\text{ac}) + \text{Mg}^{2+} (\text{ac}) \longrightarrow \text{MgIn}^- (\text{ac}) + \text{H}^+ (\text{ac})$

Notas:

- El nitrato de plata permite reconocer la presencia de cloruros, ya que estos (Cl^-) se combinan con los iones Ag^+ para formar un sólido de color blanco de cloruro de plata, que se observa en el fondo del tubo de ensayo.
- La presencia de sulfatos se pone de manifiesto por la aparición de un precipitado blanco de sulfato de bario al agregar BaCl_2 .
- A la muestra de agua se le agrega HNO_3 de manera tal de oxidar los iones Fe^{2+} a iones Fe^{3+} , los cuales se combinan con los iones tiocianato SCN^- . La aparición de color rojo oscuro debido al complejo pone de manifiesto la presencia de hierro.
- El indicador NET a pH básico de 10 se encuentra en su forma HIn^{2-} de color azul. Cuando se combina con los iones Mg^{2+} o Ca^{2+} que estén presentes, da lugar a complejos de color rojo MgIn^- o CaIn^- .

Para la detección de iones Mg^{2+} y Ca^{2+} , se preparan sendos tubos con las muestras de agua, se los lleva a pH = 10 con el buffer $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{NH}_3$ y luego se les agrega el indicador NET, que es triprótico y su forma principal a ese pH es el anión divalente azul, HIn^{2-} , que forma un complejo de color rojo con Mg^{2+} o Ca^{2+} . La reacción química se puede representar por la ecuación siguiente, por ejemplo para Mg^{2+} , donde los colores se corresponden con lo observado.



Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 5.3, donde se puede observar que las muestras analizadas presentan sulfatos, lo que se reconoce por el precipitado blanco que se forma, mientras que la presencia de cloruros se puede identificar en la muestra de agua de volcán (AV) y en menor cantidad en la muestra laguna de maduración (LM), ya que en este caso el color no es tan intenso.

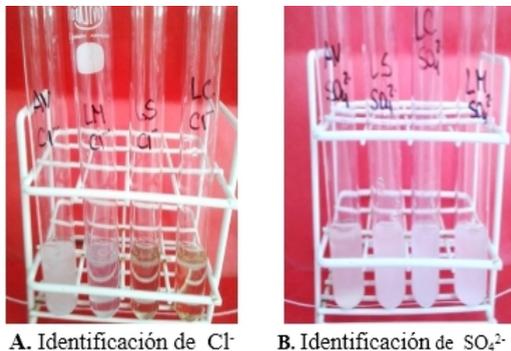


Figura 5.3. Muestras de agua con los distintos reactivos indicadores de iones.

En la Figura 5.4 se observan los colores obtenidos con el indicador NET según los iones presentes. En el caso de determinación de Ca^{2+} y Mg^{2+} , se observa un complejo de color violáceo-rojizo si están presentes dichos iones. Por otro lado, la única muestra que evidencia presencia de iones Fe^{3+} es la del agua de volcán (AV) por el color rojo.

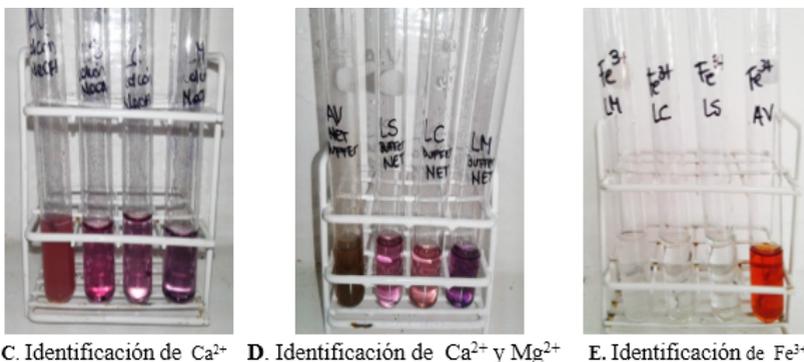


Figura 5.4. Muestras de agua con los distintos reactivos indicadores de iones.

Ensayos de adsorción.

La variedad de colores que se presenta correspondiente a cada muestra nos permite observar la diferencia en el grado de adsorción de cristal violeta que presenta cada una de ellas. En comparación con el blanco de reactivos, cuyo color es más intenso, se puede observar que todas las muestras adsorbieron en menor o mayor grado el cristal violeta, siendo la de mayor capacidad de adsorción la MS mientras que la de menor es la muestra M0 (Figura 5.5).



Figura 5.5. Adsorción de cristal violeta en muestras de aguas.

5.7 Conclusiones

La necesidad de conocer las propiedades de fangos y aguas que tienen un uso terapéutico sientan las bases para plantear una secuencia experimental típica de un laboratorio de química, pero enfocado a una clase de sistemas materiales aplicados al campo de la salud, en general humana, pero más recientemente también a la veterinaria.

El contenido de aniones y cationes, en este caso se asocia a propiedades específicas causadas sobre el organismo, y en líneas generales los medios acuosos se utilizan para baños de inmersión, en los cuales los aspectos térmicos son centrales.

Los fangos o peloides, que se distribuyen sobre zonas particulares de la piel, contribuyen al efecto terapéutico en función de su composición y propiedades, de tal manera que los análisis de parámetros generales de laboratorio sirven como base para interpretar las posibles aplicaciones de estos sistemas.

Si bien los ensayos propuestos son aplicables a diversos campos asociados a la química, resultan de mayor relevancia cuando se ponen en práctica en contextos relacionados con carreras universitarias del campo de la salud, o con prácticas de nivel medio donde se pretenda relacionar contenidos con aplicaciones en temas de salud. Adicionalmente, en la provincia del Neuquén, las termas de Copahue resultan un importante recurso natural, asociado a la aplicación de distintas terapias preventivas y de tratamientos en una gran variedad de pacientes, siendo a su vez un recurso turístico distintivo, lo cual incrementa el interés hacia el estudio de las propiedades de materiales generados en dicho sistema.

6. Un enfoque químico sobre sistemas materiales naturales.

N. Gómez-Sbrolla^a, M. A. Sánchez^{a,b}, M. E. Roca Jalil^{a,b} y M. T. Baschini^{a,b}.

Palabras clave: sistemas materiales, coloides, soluciones, adsorción.

6.1 Introducción

Se entiende por *sistema* aquella porción específica de materia que contiene cantidades definidas de una o más sustancias, ordenadas en una o más fases, considerando como fase una parte homogénea y físicamente distinta de un sistema, separada de las otras partes del mismo, por superficies límites definidos¹. Bajo este concepto, suelos y fangos son sistemas materiales formados por la naturaleza y su estudio permite trabajar un gran número de contenidos específicos de la química tales como los estados de agregación de la materia, la clasificación de sistemas materiales, definición de solución, coloides y suspensiones, diferencias entre adsorción y absorción, entre otros. A su vez se fomenta un proceso de enseñanza–aprendizaje mediante actividades que promuevan en los estudiantes el trabajo desde ideas pequeñas hacia ideas más grandes y que afiancen en ellos una mayor capacidad predictiva–explicativa, logrando de esta manera integrar los nuevos

^aFacultad de Ingeniería-Departamento de Química- Universidad Nacional del Comahue.

^bGrupo de Estudios en Materiales Adsorbentes. PROBIEN-CONICET-UNCo, Buenos Aires 1400, Neuquén, Argentina.

Miria Baschini - miria.baschini@fain.uncoma.edu.ar

¹ N. Gómez-Sbrolla. *Propiedades adsorbentes de fangos y arcillas: aplicaciones en salud, ambiente y enseñanza*. Neuquén: FAIN - U. N. del Comahue, 2018.

aprendizajes con esquemas conceptuales más amplios².

Fangos y suelos son sistemas materiales heterogéneos, que presentan un gran número de componentes. Los fangos en particular presentan dos fases principales: una fase sólida y una fase líquida (que consiste en el agua mineromedicinal) y el número y tipo de componentes en cada una de ellas dependerá del sistema que da origen a ese fango.

Así mismo, un suelo puede considerarse un sistema material heterogéneo en el que se encuentran diferentes componentes; la cantidad de cada uno de ellos se definirá como la composición mineralógica del suelo y, al igual que antes, dependerá del origen del mismo. Tanto fangos como suelos presentan en su composición arcillas, que es la forma más común de nombrar a los minerales arcillosos. Definimos a las arcillas como materiales naturales, constituidos principalmente por minerales de pequeño tamaño de partículas que son plásticos, con el contenido apropiado de agua, y se endurecen al ser secados o calcinados³. Existen diferentes tipos de minerales arcillosos dentro de los cuales los más comunes son los filosilicatos que en general representan la fracción fina de rocas, sedimentos y suelos y por tanto es común encontrarlos acompañados por otros compuestos inorgánicos y materia orgánica, dependiendo de su procedencia. Los filosilicatos se denominan así por ser estructuras laminares (phillon: hoja, lámina y “silex” que significa sílice) pero químicamente son silicatos hidratados o aluminosilicatos con unidades estructurales básicas que consisten en tetraedros de silicio-oxígeno (SiO_4^{4-}) y octaedros de cationes trivalentes principalmente aluminio (M^{3+}

² V. Villalobos-Delgado, J. E. Ávila-Palet y S. Lizett-Olivares. «Aprendizaje basado en problemas en química y el pensamiento crítico en secundaria.» En: *RMIE* 69.21 (2016).

³ D. M. Moore y R. C. Jr. Reynolds. *X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals*. 2.^a ed. Oxford University Press, 1997.

: Al^{3+} o Fe_3^{+})⁴. A continuación se representan estructuras de tetraedros de silicio y octaedros de aluminio y la forma en la que los mismos se organizan en hojas inicialmente (T, de tetraédrica y O de octaédrica) y finalmente en láminas que pueden ser TO o TOT.

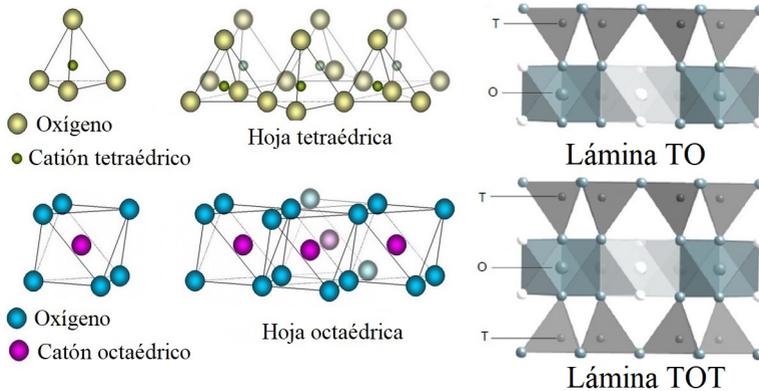


Figura 6.1. Estructura de tetraedros, octaedros y las hojas a las que dan origen. Las hojas tetraédricas (T) y octaédricas (O) son las que conforman las láminas TO y TOT que forman los filosilicatos. En esta imagen, T son los cationes tetraédricos y O son cationes octaédricos (adaptado de Brigatti et al., 2013)⁵.

Las propiedades fisicoquímicas de fangos y suelos están directamente relacionadas a su composición mineralógica y muchas de ellas, como su capacidad adsorbente, la retención de agua, la plasticidad, su capacidad de dispersión en agua para formar suspensiones, entre otras, se asocian fundamentalmente a la cantidad y tipo de arcilla presente. En este capítulo, algunas

⁴ Ver ref. 3

⁵ Brigatti, M. F., Galan, E. y Theng, B. K. G. *Chapter 2: Structure and mineralogy of Clay minerals*. En: Handbook of Clay Science. Bergaya F. & Lagaly G. (Eds.). Vol. 5A. (2013) 21-81.

de estas propiedades serán utilizadas para trabajar sobre conceptos como la adsorción, soluciones, coloides y suspensiones a partir de propuestas de trabajo en el laboratorio y el planteo de actividades teórico-prácticas para poder realizar en el aula.

6.2 Propuesta 1: Capacidad de adsorción de suelos y fangos

Como se mencionó, gran parte de las propiedades de suelos y fangos dependen de la cantidad de arcilla que tienen en su composición; así, un suelo arenoso (con baja cantidad de arcilla) es un suelo pobre de nutrientes debido a que presenta baja capacidad de retención de los mismos mientras que, un fango con baja composición de arcilla presentará también una menor capacidad terapéutica. ¿Por qué? Estas propiedades dependen de la capacidad del sistema de intercambiar iones con el agua, las raíces, la piel, según el tipo de matriz. La presencia de arcillas en su composición es la responsable de esto dado que tienen la capacidad de intercambiar los cationes presentes en su estructura, por otros externos⁵. Esta capacidad se denomina Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y se debe a que las láminas que conforman las arcillas presentan carga negativa y debido a esto, retienen cationes sobre su superficie y en los espacios existentes entre ellas, denominados espacios interlaminares. La CIC es una medida de la cantidad de carga negativa estructural del sólido y se expresa en meq de catión por cada 100 g de material (suelo, fango, arcilla). En los suelos, la CIC indica la capacidad de transportar nutrientes mientras que en los fangos es la capacidad de intercambiar con la piel. ¿Cómo lo hacen? Mediante un proceso fisicoquímico por el cual las partículas sólidas del suelo o fango adsorben cationes de la fase acuosa liberando otros iones en cantidades equivalentes y estableciéndose el equilibrio entre ambas fases.

⁵ P. de Souza Santos. *Ciências e tecnologia de argilas*. 1.^a ed. Vol. 1. Blücher, 1989.

Objetivos

- Determinar la adsorción de un colorante sobre distintas muestras de suelos, fangos y materiales afines.
- Estimar la cantidad adsorbida por comparación con una escala patrón.

Parte experimental

Materiales.

- ☛ Solución de colorante cristal violeta.
- ☛ Muestras de fangos y suelos.
- ☛ Mortero y tubos de ensayo.
- ☛ Espátula y gradilla.
- ☛ Solución de nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)

Procedimiento

- i) Moler suavemente en un mortero una porción de las distintas muestras para asegurar la homogeneidad de los sólidos.
- ii) En distintos tubos de ensayo rotulados, colocar 10 mL de solución de colorante, de concentración conocida.
- iii) Agregar a cada tubo una punta de espátula pequeña de las distintas muestras de suelo y dejar en contacto durante aproximadamente una hora. Si después de treinta minutos no se observa coagulación, agregar 4 gotas de solución coagulante de nitrato de calcio.
- iv) En diferentes tubos de ensayo (5 en total) preparar diluciones de solución de colorante para obtener la escala patrón.

6. Sistemas materiales - Gómez-Sbrolla y col.

- v) Transcurrido el tiempo establecido, observar cada tubo y comparar con la escala patrón. Luego completar la Tabla 6.1 y contestar las preguntas de la parte práctica.

Tabla 6.1. Resumen de observaciones.

Muestra	Color	Cantidad absorbida

Cuestionario

- ¿Qué fenómeno ocurre en los distintos tubos?
- Representar con un esquema lo ocurrido.
- Ordenar de mayor a menor las muestras, según capacidad adsorbente.
- En la experiencia ¿Cuál es el adsorbente y cuál el adsorbato?
- ¿Qué argumento permite explicar que un material es más adsorbente que otro?
- ¿Cree que se podrá adsorber cualquier colorante? ¿De qué dependerá? ¿Qué se observaría en los tubos?
- ¿Cómo cree que se puede acelerar el fenómeno de adsorción?
- ¿Qué diferencia existe entre adsorción y absorción?
- ¿Qué ventaja tiene usar una solución coloreada para observar este fenómeno?

- j) ¿Qué parámetros influyen?
- k) Existen dos formas de adsorción ¿Cuáles son?
- l) Si agregáramos más masa de adsorbente ¿qué piensa que pasaría con la cantidad de colorante en la disolución?
- m) ¿Qué otros ejemplos de adsorción se le ocurre que serían de utilidad en la actividad de un ingeniero agrónomo?

6.2.1 Resultados y discusión

Las fuerzas moleculares en la superficie de un sólido se encuentran sin balancear, por lo cual atraen hacia sí a otras sustancias que se ponen en contacto. Este fenómeno de concentración de una sustancia sobre la superficie de un sólido o líquido se denomina adsorción, y la sustancia atraída hacia la superficie se llama fase adsorbida o adsorbato, mientras que aquella a la que se adhiere es el adsorbente. La adsorción es distinta a la absorción; en este último caso la sustancia no se retiene en la superficie, sino que, pasando a su través, penetra y se distribuye por todo por todo el cuerpo de un sólido o líquido. Un esquema de ambos procesos se muestra en la Figura 6.2.

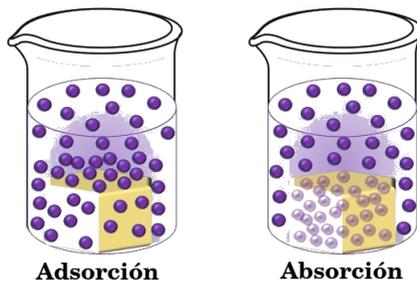


Figura 6.2. Representación de la adsorción de un colorante sobre un sólido y la absorción en el mismo.

La adsorción es la asociación de materia, ya sean átomos, moléculas o iones, a las superficies de los sólidos (interfase sólido-líquido). Esto produce que las concentraciones de las sustancias disueltas sean diferentes en las proximidades de las partículas que en la fase líquida. En la adsorción, pueden estar implicadas fuerzas físicas, tales como fuerzas de dispersión de London, las fuerzas de Van der Waals y fuerzas por puentes de hidrógeno, como así también fuerzas de enlace entre átomos, tanto iónico como covalente.

Existen dos tipos de adsorción, la física o de Van der Waals y la química o activada. El primer caso presenta cambios de entalpía bajos, alrededor de 42 kJ/mol de adsorbato, el equilibrio es reversible y se establece de forma rápida. Las fuerzas que intervienen son de tipo Van der Waals. En cambio, la adsorción química presenta valores que varían desde unos 80 a 400 kJ/mol, lo que ocasiona una interacción más fuerte entre el adsorbente y adsorbato; se produce una combinación de moléculas en la superficie formándose un compuesto sobre ésta.

Los minerales de arcillas y componentes orgánicos, como se mencionó anteriormente, presentan cargas de superficie que pueden deberse a la propia estructura, a las roturas en los bordes, a cargas variables que dependen del pH o a la disociación y unión de iones H^+ ; en general se tratan de cargas negativas por lo que pueden adsorber compuestos que presenten cargas contrarias⁶.

La capacidad de adsorción de un sólido determinado, cuando este se encuentra disperso en un medio acuoso o una solución, está relacionada a su capacidad de dispersión, y suele verse favorecida mientras mayor comportamiento coloidal tiene el

⁶ S. H. Maron y C. F. Prutton. *Fundamentos de fisicoquímica*. Limusa S. A., 1993.

material utilizado. Cuando un sólido, del tipo de las arcillas, fangos de uso terapéutico o suelo, se encuentra suspendido en la solución de colorante, como ocurre en las experiencias llevadas a cabo, las partículas del mismo, finamente divididas, presentan un área superficial muy grande, comportándose como un sistema coloidal. Los átomos que constituyen un sólido o partícula coloidal sólo están unidos a los átomos vecinos (en el mismo plano de enlace) y los ubicados por debajo de ese plano (ejemplo: los átomos de oxígeno en la superficie de los silicatos). Así, las partículas coloidales, para compensar la ausencia de enlaces por encima de las superficies de interfase, adsorben iones u otras partículas (que pueden o no tener carga), gases y líquidos. Este proceso de adsorción involucra la adhesión de cualquier especie sobre la superficie de las partículas.

En este caso en particular, la experiencia fue propuesta para estudiantes de primer año de la carrera Ingeniería Agronómica con quienes se evaluó llevar a cabo el análisis de la capacidad de adsorción de diferentes materiales, propiedad de enorme relevancia en relación a la circulación de nutrientes en los suelos. Una vez obtenidos los resultados, realizaron la comparación con tubos patrón como se muestran en la figura. A cada uno de los tubos le correspondía un porcentaje de concentración de cristal violeta diferente, por lo que, si el color de la muestra coincidía con alguno de los patrones, la diferencia entre el total y el patrón representaría el porcentaje de la concentración adsorbida. De esta manera se pudo establecer, sin utilizar equipamiento sofisticado, una escala visual sobre la capacidad adsorbente de los sistemas materiales utilizados.

En la Figura 6.3 se pueden observar las diferencias de adsorción de cada una de las muestras analizadas y los patrones utilizados. En todos los casos los estudiantes pudieron representar en un esquema lo sucedido durante el contacto de los sólidos

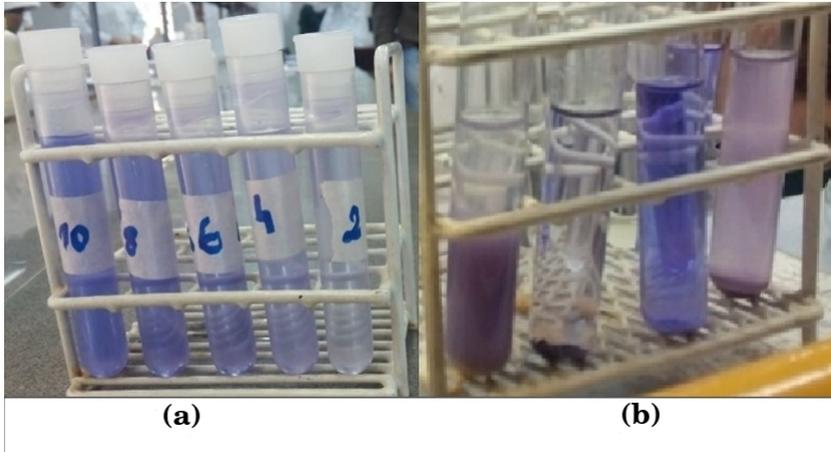


Figura 6.3. (a) Patrones de soluciones de cristal violeta a diferentes concentraciones. (b) Muestras de suelos y fangos con soluciones de cristal violeta.

con la solución de cristal violeta identificando el fenómeno de adsorción como el responsable de la disminución del color, proponiendo argumentaciones en cuanto a la causa de la adsorción e investigando acerca de otras formas de comprobar la disminución de la concentración de colorante en la solución, aún sin contar con los conocimientos requeridos previamente. Así mismo, la actividad permitió el trabajo de análisis sobre las propiedades de los suelos, por ejemplo, la relación entre la capacidad de adsorción de los materiales, su capacidad de intercambio catiónico y el efecto que esto tiene sobre la productividad de un suelo.

Si los estudiantes acceden a la información de cursos más avanzados de química, tales como química analítica y química orgánica, sería posible cuantificar la cantidad de colorante adsorbido mediante espectroscopía visible, así como interpretar las interacciones en función de la estructura del colorante utilizado.

6.3 Propuesta 2. ¿Qué es un coloide y como se diferencia de una solución?

En la primera propuesta se trabajó con sólidos para la adsorción de un colorante. En la misma se incluyeron conceptos como coloide, suspensión y solución que son conceptos amplios y que permiten el estudio de un gran número de otros contenidos asociados. En esta segunda parte, se trabajará sobre estos conceptos iniciales mediante una actividad experimental propuesta y se propondrán actividades para realizar en el aula que permitirán trabajar sobre estos contenidos.

Objetivos

- Lograr diferenciar entre una solución, suspensión y un sistema coloidal.
- Comprobar las propiedades de los sistemas coloidales.
- Comprender el efecto Tyndall en relación a las partículas en suspensión.

Parte experimental

Materiales y reactivos.

- ☛ Tubos de ensayo.
- ☛ Sal.
- ☛ Clara de huevo.
- ☛ Sahumerio.
- ☛ Arena.

Procedimiento.

- i) Tomar tres tubos de ensayo y colocar, en el primero sal, en el segundo clara de huevo y en el tercero arena.
- ii) Encerrar humo de sahumerio en un frasco.
- iii) Agregar a cada tubo 4 mL de agua destilada con pipeta y agitar. Esperar un minuto.
- iv) Registrar lo observado a simple vista (¿El soluto se disuelve? ¿Hay precipitado? ¿Es un sistema homogéneo o heterogéneo?).
- v) Hacer pasar un haz de luz a través de cada uno de los tubos de ensayo y registrar lo que se observa.

Cuestionario.

- a) Investigar: ¿Qué es el efecto Tyndall? Definirlo. ¿Qué se observó en los tubos cuando se hizo pasar el haz de luz a través de ellos? ¿La cantidad de coloide influye en el efecto Tyndall?
- b) ¿Qué es una dispersión coloidal? ¿Es un sistema homogéneo o heterogéneo? ¿Cuántas fases se pueden distinguir?
- c) ¿En qué estados de agregación se pueden encontrar los componentes de los coloides? Dar ejemplos de situaciones cotidianas.
- d) ¿Son separables por filtración los componentes de un coloide?
- e) ¿Cuáles son las propiedades de los coloides?
- f) ¿Cuál es la diferencia entre suspensión y solución? Proponga al menos dos ejemplos de soluciones y dos de suspensiones de la vida cotidiana.

- g) A partir de las observaciones realizadas en las experiencias del laboratorio: ¿Cuál de los tubos contiene el coloide, ¿cuál es la suspensión y cuál la solución? Explique con sus palabras.
- h) Completar la tabla siguiente:

Tabla 6.2. Resumen de observaciones y registros.

Propiedad	Solución	Coloide	Suspensión
Tamaño de partícula	0,1 - 1,0 nm	1,0 - 100 nm	Mayor a 100 nm
Homogeneidad			
Sedimentación			
Dispersión de luz			
Ejemplo			

6.3.1 Resultados y discusión

Una **solución** es una mezcla homogénea en la cual se distingue solo una fase. Una **suspensión**, en cambio es una mezcla heterogénea en la cual las partículas de soluto se sedimentan después de mezclarlas con una fase solvente. Un tipo intermedio entre los dos sistemas mencionados, son las **dispersiones coloidales** en la cual las partículas de soluto, fase dispersa, se suspenden en una fase de solvente o medio dispersante. Las partículas de la fase dispersa son muy pequeñas por lo cual la sedimentación no es posible pero a la vez son demasiado grandes para que la mezcla presente apariencia turbia⁷. Las mezclas pueden clasificarse en función del tamaño aproximado de las partículas dispersas (ver Tabla 6.3).

⁷ K. H. Whitten y col. *Química*. 10.^a ed. Cengage Learning Editores S. A., 2015.

Tabla 6.3. Caracterización de mezclas.

Mezcla	Tamaño de partícula	Ejemplo
Suspensión	Mayor a 100 nm	
Dispersión coloidal	1 - 100 nm	
Solución	0,1 - 1,0 nm	

En el caso de las soluciones, las partículas de soluto son tan pequeñas que no son capaces de dispersar la luz. En cambio, las partículas de los sistemas coloidales son tan grandes que sí provocan dicha dispersión y este fenómeno es conocido como efecto Tyndall. Un ejemplo de ello es la dispersión de la luz de los autos, causada por el humo o la niebla.

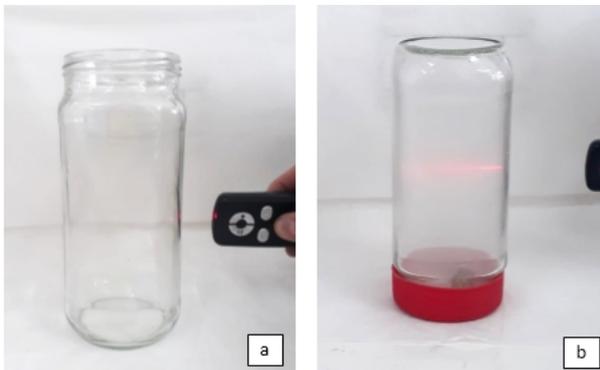


Figura 6.4. Ensayo del Efecto Tyndall utilizando un láser.

En la Figura 6.4 se muestra el ensayo del efecto Tyndall realizado en el laboratorio con los estudiantes. En la misma se puede observar lo que ocurre al hacer pasar un haz de luz proveniente de un láser a través de frascos que contienen aire (a) y humo de sahumero (b), respectivamente. Como puede observarse,

las partículas de polvo suspendidas en el humo de sahumerio generan una dispersión del haz de luz y por lo tanto evidencian la presencia de un coloide en el mismo.

6.4 Conclusiones

Las experiencias propuestas en este capítulo utilizan sistemas materiales para trabajar sobre diferentes conceptos específicos de química. Fueron experimentadas en laboratorios de docencia universitario, pero pueden aplicarse sin dificultad en el nivel medio de enseñanza, cuando los contenidos resulten apropiados. Los temas que pueden discutirse a partir de esta propuesta experimental son muchos y muy variados, ya que se requiere trabajar sobre conceptos tales como: adsorción, coloides, soluciones, efecto Tyndall en primera instancia, pudiendo sumarse otra larga lista de contenidos tales como: fuerzas intermoleculares, fenómenos físicos y químicos, concentración de soluciones y formas de expresarla, estados de agregación de la materia, sólidos cristalinos, etc. En este sentido se considera que este tipo de propuestas enriquece y fomenta el trabajo del docente mediante la utilización de materiales muy sencillos y que pudieran utilizarse incluso en el aula en caso de no contar con un laboratorio específico en el establecimiento en el que se desarrolla su actividad. De la misma manera, permiten que el docente pueda trabajar con sus estudiantes la adquisición de habilidades lingüísticas y técnicas, tales como observar, describir, definir, argumentar, explicar, entre otras, que son términos distintos que muchas veces los estudiantes no saben diferenciar. Finalmente se pudo observar que este tipo de propuesta despierta el interés y predisposición de los estudiantes a trabajar y que les permite observar, interpretar e interrelacionar fenómenos desde los conceptos teóricos, lo cual es importante para poder lograr un aprendizaje significativo.

7. Termoquímica en sistemas de peloides y aguas salinas.

M. A. Sánchez^{a,b}, D. E. Gamboa^a, C. O. Soria^a y M. T. Baschini^{a,b}.

Palabras clave: Curvas de enfriamiento, peloides, capacidad calorífica.

7.1 Introducción

La termodinámica es la parte de la física que se encarga del estudio de fenómenos vinculados con los cambios de calor, los cuales a su vez, se relacionan con propiedades químicas de diferentes materiales. En este trabajo se determinan propiedades térmicas de dos sistemas específicos: fangos y aguas salinas.

A partir de los resultados se busca relacionar las propiedades térmicas que presentan los sistemas de fangos con su actividad terapéutica, mientras que en el caso de aguas, en relación a la concentración de sales que presentan, lo que además se relaciona con funciones salobres. Se presentarán en este contexto una serie de experiencias orientadas a diferentes determinaciones de estos sistemas en cuanto a sus características térmicas.

7.2 Curvas de enfriamiento

La Termoterapia consiste en la aplicación del calor sobre el organismo por medio de cuerpos materiales de temperatura

^aFacultad de Ingeniería-Departamento de Química- Universidad Nacional del Comahue.

^bGrupo de Estudios en Materiales Adsorbentes. PROBIEN-CONICET-UNCo, Buenos Aires 1400, Neuquén, Argentina.

Miria Baschini - *miria.baschini@fain.uncoma.edu.ar*

elevada. Una de las características que debe presentar un fango para ser utilizado en peloterapia¹ es una cinética de enfriamiento lenta, ya que el calor aportado por el peloide es un agente terapéutico, y por tanto para muchas aplicaciones debe mantenerse a una temperatura superior a la corporal durante el tiempo de aplicación al paciente². Para estimar esta propiedad se determina el calor específico del fango mediante las curvas de enfriamiento, las cuales son una representación gráfica de la temperatura (T) de un material frente al tiempo (t) conforme a su enfriamiento.

Parte experimental

Materiales.

- Baño termostático
- Sensor de temperatura (equipo Testo)
- Tubo de plástico con tapa perforada
- Vaso de precipitados de 250 mL
- Plancha calefactora
- Agua destilada
- Fangos
- Balanza analítica
- Soporte universal
- Pinzas
- Espátula

¹ Los peloides son agentes compuestos por una mezcla de sólidos y líquidos, generalmente agua que puede ser mineromedicinal y/o termal.

² M. Pozo y col. «Cinética de enfriamiento de arcillas especiales para su empleo en peloterapia». En: *Macla* 6 (2006), pág. 3.

Procedimiento

Colocar 45,0 g. de una muestra de fango en el tubo de plástico, medido exactamente; tapar y colocar el sensor de temperatura; llevar a baño caliente hasta los 60 °C. Luego de alcanzar esta temperatura pasar al baño termostatizador, el cual se debe encontrar con agua a 35 °C. En este momento, registrar los valores de temperatura en función del tiempo mediante el equipo Testo, hasta que alcance la temperatura del baño (35 °C). Con los valores obtenidos construir las curvas de enfriamiento.

Cálculos

Para calcular el calor específico (C_p) de la muestra, realizar la linealización de la curva de enfriamiento. En la ecuación 7.1, se describe el intercambio de calor entre dos cuerpos que se encuentran a diferentes temperaturas, T_{min} y T_{max} :

$$T - T_{min} = (T_{max} - T_{min})e^{-kt} \quad (7.1)$$

siendo $k = p/C_k$ la constante de enfriamiento, p la capacidad calorífica del equipo y C_k la capacidad calorífica de la sustancia analizada.

Si linealizamos, mediante logaritmo natural,

$$\ln(T - T_{min}) = -k t + \ln(T_{max} - T_{min}) \quad (7.2)$$

y graficamos $\ln(T - T_{min})$ en función del tiempo, ecuación 7.2, se obtiene una recta cuya pendiente es el valor de k . Si se conoce el valor de C_k es posible calcular el valor de p , que es un valor constante.

Curva de enfriamiento bentonita (CATAE).

Para determinar la constante p del equipo se usará como referencia una pasta de bentonita al 20 % en agua destilada.

$$p = m k C_{pb} \quad p = k C_k \quad (7.3)$$

siendo C_{pb} ($J/^\circ C$) el calor específico de la pasta de bentonita, m (g) es la masa y k la constante de enfriamiento determinada a partir de su curva de enfriamiento.

El calor específico de la pasta se puede calcular como

$$C_{pb} = X_b C_b + X_a C_a \quad (7.4)$$

donde X_b y X_a son las fracciones de bentonita y agua, y C_b y C_a son los calores específicos de bentonita y agua. Además la capacidad calorífica (C_k) se define como

$$C_k = m C_p \quad (7.5)$$

Resultados y discusión.

A partir de las curvas de la figura 7.1 es posible determinar cuál de los fangos presenta mayor capacidad de retención de calor, ya que se puede seguir la evolución de la temperatura con el tiempo, para cada uno. En este caso, las muestras LC y M8 son las que presentan mayor capacidad de retención del calor, mientras que M4 y M6 presentan una curva de enfriamiento más rápida y a la vez muy similares. En el caso de la muestra de agua, MC, presenta la menor curva de enfriamiento, lo que indicaría que es la de menor capacidad de retención del calor.

Para la linealización de las curvas, se utilizan las ecuaciones 7.1 y 7.2, y se grafica $\ln(T - T_{min})$ en función del tiempo. A partir de ello, se obtiene el valor de k y es posible calcular el calor específico de cada una de las muestras con las ecuaciones 7.3 y 7.5.

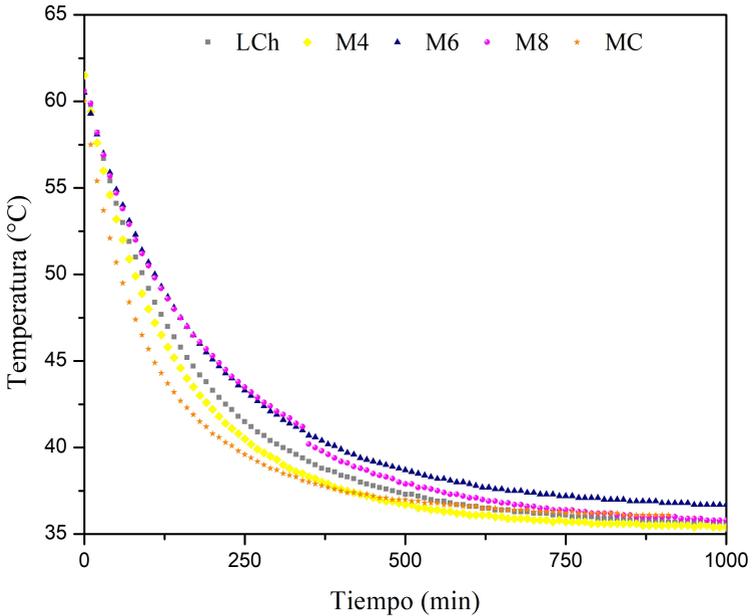


Figura 7.1. Curvas de enfriamiento de las distintas muestras de fangos y agua de laguna de Mar Chiquita.

De la linealización de la bentonita (figura 7.2 de la página siguiente) se obtiene el valor de p del equipo, siendo C_{kb} , la capacidad calorífica de la bentonita, calculada a partir de las siguientes ecuaciones:

de 7.4

$$C_p = 0,77 \text{ J/g}^\circ\text{C} \cdot 0,2 + 4,18 \text{ J/g}^\circ\text{C} \cdot 0,8 = 3,498 \text{ J/g}^\circ\text{C}$$

de 7.5

$$C_k = 3,498 \text{ J/g}^\circ\text{C} \cdot 39,6471 \text{ g} = 138,68 \text{ J}^\circ\text{C}$$

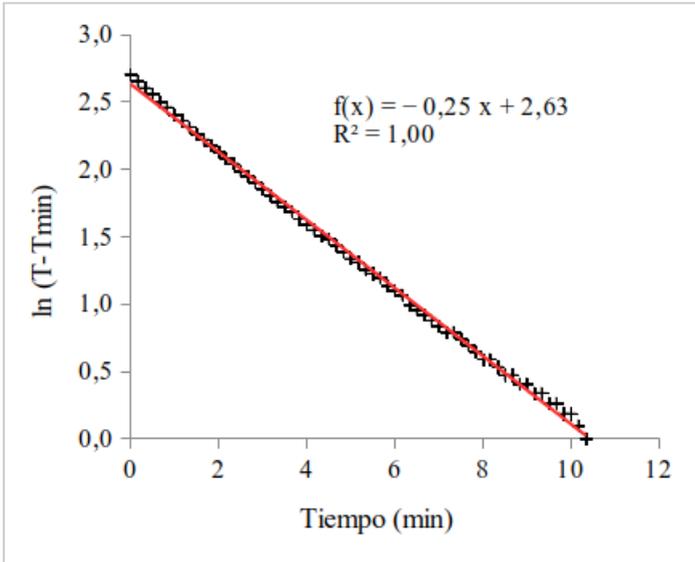


Figura 7.2. Linealización curva de enfriamiento bentonita.

y de 7.3

$$p = k \cdot C_k = 0,2528 \cdot 138,68 \text{ J/g}^\circ\text{C} = 35,06 \text{ J}^\circ\text{C}$$

Para el fango M6, a partir de la expresión matemática $y = -0,1972x + 2,8718$ (figura 7.3), $k = 0,1972$, siendo $p = 35,06 \text{ J}^\circ\text{C}$ y $m = 54,2287 \text{ g}$, la cantidad de fango.

$$p = k \cdot C_{kf}$$

donde

$$C_{kf} = \frac{p}{k} = \frac{35,06 \text{ J}^\circ\text{C}}{0,1972} = 177,79 \text{ J}^\circ\text{C}$$

es la capacidad calorífica del fango. El calor específico del fango, C_{pf} será:

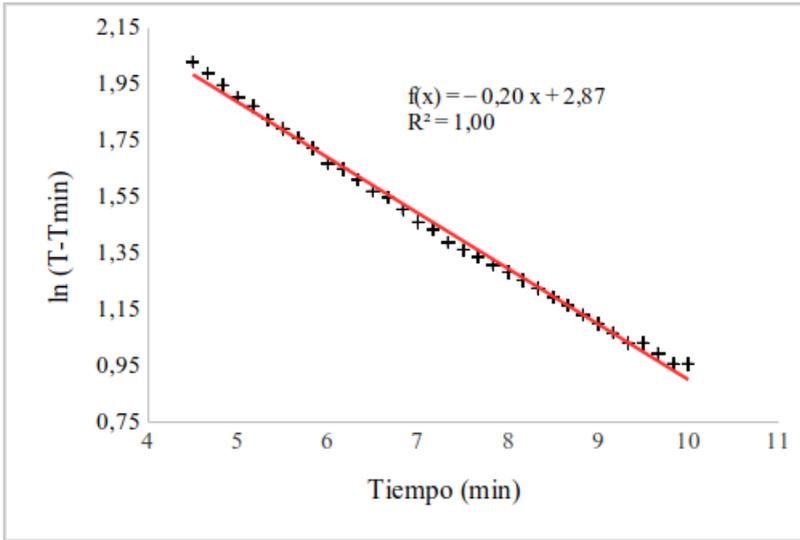


Figura 7.3. Linealización de curva de enfriamiento M6.

$$C_{pf} = \frac{C_{kf}}{m} = \frac{177,79 \text{ J}^\circ\text{C}}{54,23 \text{ g}} = 3,25 \text{ J/g}^\circ\text{C}$$

A partir de los valores del calor específico de los fangos se observa que las muestras que presentan mayor valor son M8 y M6. Estas muestras están conformadas con la misma composición pero presentan diferencia de tiempo de maduración: M8 es el que presenta mayor tiempo de contacto con el agua ácida de Copahue.

Entre las curvas de enfriamiento y los calores específicos calculados hay una correlación para las muestras M8 y M6. Aunque no se observa una linealidad en los resultados, podemos establecer que este método de curvas de enfriamiento en conjunto con la linealización de las mismas, es aplicable para poder calcular el calor específico de una muestra de fango, ya que los valores obtenidos son menores que el calor específico del agua, por lo

Tabla 7.1. Calor específico de diversos fangos.

Muestra	k (gráfico)	p (J/°C)	C_k (J/°C)	m_{fgo}/m_{agua}	$C_{p fgo}$ (J/g°C)
M4	0,3276	35,06	107,02	50,55	2,12
M6	0,1972	35,06	177,79	54,23	3,25
M8	0,2569	35,06	132,10	41,34	3,30
LC	0,2665	35,06	132,05	46,46	2,83
MC	0,3590	57,22	159,39	34,55	4,61

que estarían dentro del rango de valores apropiados. La muestra de agua medida presenta un valor por encima del correspondiente al agua destilada, lo cual no es correcto ya que a mayor cantidad de solutos o sales disueltas en el agua, menor será su calor específico. Podemos decir que esta técnica está limitada para el uso de fangos y no es posible aplicarla para muestras de aguas salinas.

7.3 Calorimetría

Introducción

La calorimetría estudia el intercambio de calor entre los cuerpos. Este concepto se estudia en materias de los primeros años de muchas carreras universitarias; en muchas ocasiones se trabaja en forma teórica, lo cual es posible complementar realizando actividades sencillas de laboratorio, donde puedan analizar de forma experimental y utilizar las fórmulas desde una mirada más integradora. En este capítulo se proponen diferentes formas de abordar un análisis de calorimetría a partir de elementos de fácil adquisición.

Parte experimental

Materiales.

- Vaso de Dewar
- Vaso de telgopor de 250 mL
- Termo de 500 mL
- Equipo sensor de temperatura
- Termómetro
- Vaso de precipitados de 500 mL
- Mechero o plancha calefactora

Procedimiento.

1. Determinación de la capacidad calorífica del calorímetro.

Colocar dentro del calorímetro una masa de agua ($m_{H_2O\text{ fría}}$) medida exactamente y registrar su temperatura ($T_{\text{fría}}$). Calentar una masa de agua medida exactamente ($m_{H_2O\text{ cal}}$), medir su temperatura (T_{cal}) y agregarla al calorímetro que contiene el agua fría agitando unos segundos. Esperar unos minutos y determinar las temperaturas final y de equilibrio (T_{eq}) del sistema. Las medidas de temperatura del agua fría dentro del calorímetro deben registrarse en cada momento mediante el equipo Testo, o con un termómetro.

Los calorímetros a utilizar pueden ser: un vaso de poliestireno con su correspondiente tapa, un termo de 500 cc con sistema de tapa, o un vaso de Dewar.

2. Determinación del calor específico del aluminio.

En principio, hay que determinar la capacidad calorífica del calorímetro. Para ello, pesar unos 300 g de agua (dependiendo

del recipiente) y colocarla en el calorímetro a temperatura ambiente, con el sensor de temperatura. Pesar la pieza de aluminio en estudio, introducirlo en un tubo de ensayo y colocar en un baño de agua hirviendo a 100 °C. Traspasar el aluminio al calorímetro, tapar rápidamente y agitar unos segundos. Registrar los valores de temperatura.

3. Determinación del calor específico de agua salina.

Conocida la capacidad calorífica del equipo, pesar una masa de la muestra agua y colocar en el calorímetro; calentar una pieza de aluminio, cuyo calor específico es conocido, hasta 100 °C y una vez alcanzada esta temperatura colocar dentro del calorímetro con la muestra de agua. Medir la temperatura de equilibrio y realizar los cálculos correspondientes.

Discusión.

El calor específico, C_p , es la cantidad de calor que se requiere para elevar un grado celsius la temperatura de un gramo de sustancia. La capacidad calorífica, C_k , de una sustancia, es la cantidad de calor requerido para elevar en un grado Celsius una cantidad de sustancia determinada.

El calorímetro es un instrumento adiabático, cuyas tapa y paredes se encuentran aisladas del exterior para no intercambiar calor con el medio. La cantidad de calor absorbida por un calorímetro se expresa como la capacidad calorífica del calorímetro ($J/^\circ C$), conocida como constante del calorímetro (p), cuyo valor se tiene en cuenta para las mediciones posteriores realizadas con dicho instrumento. Teniendo en cuenta que el calorímetro es un sistema adiabático, la sumatoria de los calores de cada una de las partes del sistema debe ser nula, cumpliéndose:

$$Q_{H_2O\ fria} + Q_{H_2O\ cal} + Q_{calorimetro} = 0 \quad (7.6)$$

siendo $Q_{H_2O\text{ fría}}$ y $Q_{H_2O\text{ cal}}$ los calores correspondientes a las masas de agua fría y caliente, respectivamente, y $Q_{\text{calorímetro}}$, el calor absorbido por el calorímetro. Si se conoce el calor específico y la cantidad de sustancia, entonces el cambio de temperatura nos indica la cantidad de calor que ha sido absorbido por el sistema. La ecuación que nos permite calcular dicho calor es:

$$Q = m C_p \Delta T = m C_p (T_f - T_i) = C_k (T_f - T_i) \quad (7.7)$$

siendo $C_k = m C_p$ la capacidad calorífica, donde m es la masa y C_p el calor específico, Q el calor de cada sistema, T_i y T_f las temperaturas inicial y final del sistema, respectivamente.

Si se reemplaza la 7.6 en la 7.7 y se despeja el valor de C_k , capacidad calorífica del calorímetro, tenemos:

$$C_k = \frac{m_{H_2O\text{ fría}} C_p H_2O (T_{eq} - T_{fría}) + m_{H_2O\text{ cal}} C_p H_2O (T_{eq} - T_{cal})}{(T_{fría} - T_{eq})} \quad (7.8)$$

7.4 Resultados

1. Calorímetro vaso de Dewar.

Tabla 7.2. Resultados en calorímetro de Dewar.

$m_{H_2O\text{ fría}}$ (g)	$m_{H_2O\text{ cal}}$ (g)	$T_{fría}$ (°C)	T_{cal} (°C)	T_{eq} (°C)	C_k (J/°C)	$\overline{C_k}$ (J/g°C)
150,0	150,0	25,1	76,0	48,0	139,7	138,0
150,0	150,1	26,0	75,0	48,1	136,4	

7. Termoquímica - Sánchez y col.

2. Calorímetro vaso de poliestireno.

El sistema formado por un vaso de poliestireno (Telgopor®) y su correspondiente tapa, con un orificio que permita colocar el sensor. Las medidas de temperatura del agua dentro del calorímetro fueron registradas en cada momento mediante el equipo Testo y la temperatura del agua caliente utilizando un termómetro.

Tabla 7.3. Resultados en calorímetro de poliestireno.

$m_{H_2O\ fria}$ (g)	$m_{H_2O\ cal}$ (g)	T_{fria} (°C)	T_{cal} (°C)	T_{eq} (°C)	C_k (J/°C)
50,3	50,0	22,4	74,0	45,5	47,7
50,2	50,1	23,7	76,0	48,4	24,3
50,0	50,0	22,1	76,0	48,4	10,4

3. Calorímetro termo de 500 mL.

El calorímetro consiste en un termo de 500 mL de capacidad, al cual se le adapta una tapa hecha con material Polifoam® para que sea hermético, con un pequeño orificio para el sensor de temperatura. En este caso, se midió la temperatura del agua fría en el calorímetro como la del agua caliente, Figura 7.4, utilizando los sensores del equipo Testo, que fue representada en una tabla de valores en el software correspondiente de la PC.

Tabla 7.4. Resultados en calorímetro termo.

$m_{H_2O\ fria}$ (g)	$m_{H_2O\ cal}$ (g)	T_{fria} (°C)	T_{cal} (°C)	T_{eq} (°C)	C_k (J/°C)	$\overline{C_k}$ (J/g°C)
156,1	156,1	24,2	83,2	52,9	36,4	36,3
156,0	156,0	24,8	84,2	53,7	36,2	

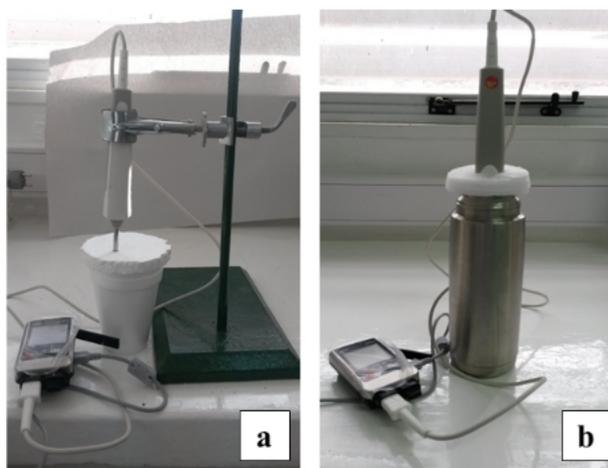


Figura 7.4. Tipos de calorímetros: a) vaso de poliestireno. b) termo de 500 mL.

A partir de los valores obtenidos, se realizaron los cálculos correspondientes utilizando las ecuaciones anteriores 7.7 y 7.8, reemplazando los valores de masa y calor específico correspondiente al agua caliente por los de aluminio.

4. Determinación del calor específico del aluminio.

El calorímetro utilizado fue el vaso de Dewar

Tabla 7.5. Resultados para el caso del aluminio.

$m_{H_2O\ cal}$ (g)	m_{alum} (g)	T_{fria} (°C)	T_{cal} (°C)	T_{eq} (°C)	C_{Al} (J/g°C)
300,1	16,8	24,6	100,0	25,4	0,9
300,1	16,8	24,7	100,0	25,5	0,9

7. Termoquímica - Sánchez y col.

Este valor experimental (promedio 0,9) fue comparado con el valor teórico del calor específico del aluminio a partir de tablas³, el cual es de 0,903 J/g°C.

5. Calor específico de agua de Mar Chiquita.

La determinación fue realizada como se detalla en el inciso 3 del procedimiento experimental.

Tabla 7.6. Resultados para agua salina.

Muestra	$m_{H_2O\ cal}$ (g)	m_{alum} (g)	T_{fria} (°C)	T_{cal} (°C)	T_{eq} (°C)	C_{Al} (J/g°C)
MC _{abril}	284,9	33,5	26,5	100,0	28,2	3,9
MC _{agosto}	351,6	33,5	26,2	100,0	27,6	4,0
MC _{agosto}	350,3	33,5	25,5	100,0	26,9	4,0

Otro procedimiento permite evaluar el calor específico de una muestra, en este caso de aguas salinas. Los valores son menores al calor específico del agua C_p , lo cual es correcto ya que las muestras presentan concentración elevada de sales, lo que genera una disminución del C_p . Existen sistemas de aguas internas, continentales o epicontinentales que no son dulces, sino saladas y, a veces, más saladas que incluso las aguas de mar (lagunas y ramblas de aguas hipersalinas)⁴.

7.5 Conclusiones

Los sistemas de vaso de poliestireno y termo metálico utilizados como calorímetros son una buena herramienta para ser

³ Haynes, *Handbook of Chemistry and Physics*.

⁴ Los ecosistemas de las aguas epicontinentales en la región de Murcia. Ramblas, ríos y humedales.

aplicada en el nivel secundario, ya que son de fácil manipulación, con materiales de bajo costo y posibles de conseguir. Los resultados demostraron que a pesar de la diferencia que exhiben, en el vaso de poliestireno se consigue alcanzar la temperatura de equilibrio. Los sensores podrían ser reemplazados por dos termómetros de laboratorio. Por otro lado la utilización del vaso de Dewar dio lugar a mejores resultados.

A partir de este procedimiento es posible otorgarle una aplicación como lo es en el caso de la determinación del calor específico de un sistema de agua salina, que en ocasiones son utilizadas en terapia.

8. Tamaños de partículas de suelos.

**M. A. Sánchez^{a,b}, D. E. Gamboa^a, R. J. Barbagelata^{a,b}
y M. T. Baschini^{a,b}.**

Palabras clave: Suelos, tamaños de partículas, arenas, arcillas.

8.1 Introducción

Los suelos son sistemas que conforman un recurso de mera importancia que abarca un gran campo de aplicaciones, a nivel industrial, en la agronomía, para las plantas, como sostén de nuestras edificaciones, por lo que el conocimiento de su composición, caracterización, estructura es imprescindible para el desarrollo de muchas actividades humanas. Las propiedades físicas del suelo determinan la capacidad de uso por parte del ser humano. Dichas propiedades determinan la rigidez, sostenimiento, penetración de raíces, drenaje y retención de nutrientes¹.

Los suelos son sistemas materiales heterogéneos de origen natural, que están conformados por tres fases definidas, sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida la conforman los materiales orgánicos e inorgánicos (materia mineral), la líquida está compuesta por agua, (humedad del suelo), mientras que la gaseosa contiene aire².

^aFacultad de Ingeniería-Departamento de Química- Universidad Nacional del Comahue.

^bGrupo de Estudios en Materiales Adsorbentes. PROBIEN-CONICET-UNCo, Buenos Aires 1400, Neuquén, Argentina.

Miria Baschini - miria.baschini@fain.uncoma.edu.ar

¹ L Rucks y col. «Propiedades físicas del suelo». En: *Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Suelos y Aguas, Montevideo, Uruguay. Montevideo, Uruguay* (2004).

² G.W. Robinson. *Los suelos. Su origen, constitución y clasificación: introducción a la edafología*. Omega, 1960.

8. Tamaños de partículas - Sánchez y col.

Con respecto a la fracción mineral, es posible clasificar las partículas en función de su tamaño, es decir la textura del suelo representa la proporción de arena, limo y arcilla que presenta lo que determina su capacidad de aireación y drenaje³.

Es entonces que podemos establecer que los suelos son sistemas materiales naturales a partir de los cuales se pueden abordar contenidos conceptuales, que se presentan en la red conceptual de la página siguiente (Fig. 8.1)

El método de separación de fases por tamización, se basa en separar dos o más fases sólidas que presenten tamaño diferenciado, utilizando un tamiz, que está constituido por una malla porosa con una medida determinada. Este método se utiliza en la separación de las fracciones de arena de la arcilla y limo. Como no existen mallas de menor tamaño de poro, no es posible separar a la arcilla del limo, por lo que se realiza mediante otro procedimiento.

La sedimentación es el proceso natural por el cual las partículas más densas que el agua, contenidas en su seno en suspensión, son removidas por la acción de la gravedad⁴. Este ensayo permite distinguir las distintas capas de suelo teniendo presente el tamaño de partícula, en una mezcla de agua y suelo, cuanto mayor es el tamaño sedimentará al fondo del recipiente, mientras que las más pequeñas se encontrarán dispersas en la solución.

³ Ver ref. 1

⁴ L. E. Pérez-Farrás. *Teoría de la sedimentación*. Inf. téc. Instituto de Ingeniería Sanitaria, 2005.

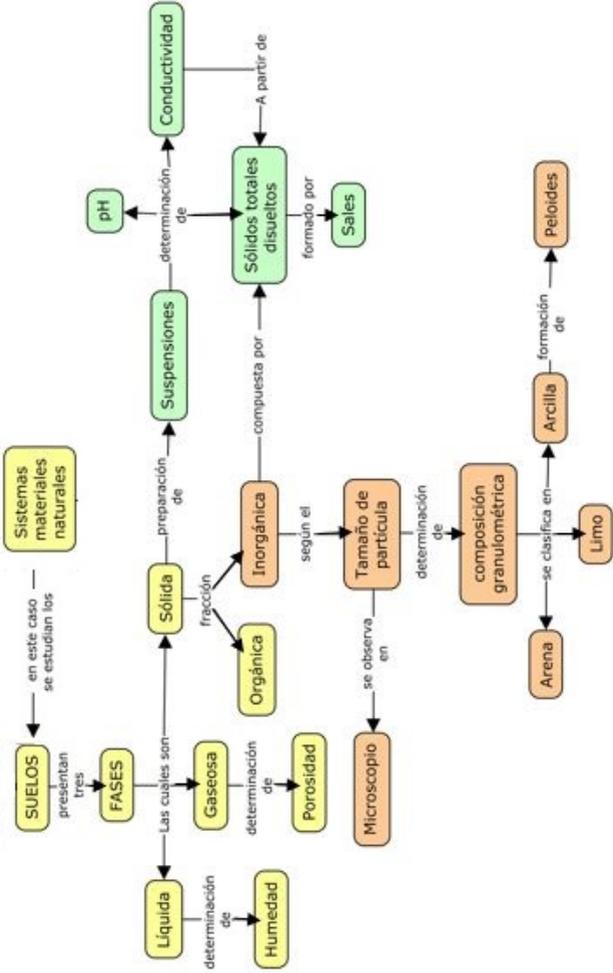


Figura 8.1. Red conceptual de los contenidos a abordar.

8. Tamaños de partículas - Sánchez y col.

En la Tabla 8.1 se presenta una clasificación de suelos según el tamaño⁵.

Tabla 8.1. Clasificación del suelo según su diámetro promedio de grano.

Suelo	Diámetro de grano (mm)
Arena muy gruesa	2,00 - 1,00
Arena gruesa	1,00 - 0,50
Arena media	0,50 - 0,25
Arena fina	0,25 - 0,10
Arena muy fina	0,10 - 0,05
Limo	0,05 - 0,002
Arcilla	Menores a 0,02

8.2 Parte experimental

Materiales.

- ✓ Probetas de 100 mL.
- ✓ Microscopio óptico.
- ✓ Porta y cubreobjeto.
- ✓ Tamiz de malla N° 10.
- ✓ Muestras de suelos y arcillas.
- ✓ Agua destilada.
- ✓ Espátula.

⁵ J. Porta-Casanellas, M López-Acevedo y C. Roquero de Laburu. *Edafología: para la agricultura y el medio ambiente*. 3ra. Mundi-Prensa, 1994.

Procedimiento

Seleccionar una serie de muestras de suelo de distinta procedencia; incluir fangos y arcillas. Detallar en cada caso la procedencia y características destacadas del medio.

Ensayo de sedimentación

Las muestras que contengan piedras o partículas de gran tamaño, primero tamizarlas con una malla N° 10 para lograr una muestra más homogénea. Medir la misma cantidad de masa de distintos suelos (25 g). En probetas de 100 mL colocar una pequeña cantidad de agua y luego agregar la masa de suelo correspondiente poco a poco. Llevar a volumen final de 100 mL con agua destilada, procediendo a mezclar. Dejar estacionadas durante cuatro días para permitir el asentamiento de las partículas y luego del tiempo transcurrido, observar.

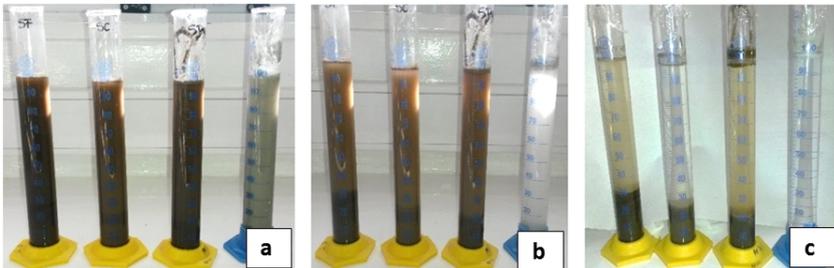


Figura 8.2. Proceso de sedimentación; de izquierda a derecha: SF, SC, SP y M6. Tiempo de sedimentación: a) Tiempo cero; b) 10 minutos; c) 96 hs.

Observación al microscopio

En diferentes portaobjetos, se coloca una punta de espátula de la muestra de fangos y de suelos, dispersándola suavemente. Luego colocar el portaobjeto en el microscopio y comenzar observando

8. Tamaños de partículas - Sánchez y col.

con el aumento 4x, continuar con los siguientes, 10x, 20x y 40x. En caso que se requiera se puede colocar cubre objeto sobre la muestra, pero puede generar burbujas de aire.

8.3 Resultados y discusión

Las muestras seleccionadas para estos ensayos se muestran a continuación en la tabla 2.

Tabla 8.2. Descripción de las muestras de suelo a estudiar.

Nombre	Muestra	Procedencia
SF	Suelo fértil	Suelo fértil de compost
SC	Suelo compost	Compost en elaboración
SP	Suelo Pellegrini	Lago Pellegrini, Rio Negro
M6	Fango Copahue	Elaboración en laboratorio y maduración en Copahue
Bentonita	Arcilla bentonita	Lago Pellegrini, Rio Negro
SAL 3	Sierras Grandes	Córdoba

Ensayo de sedimentación

Tabla 8.3. Fracciones en diferentes muestras

Muestra	Fracción (%)		
	Arena	Limo	Arcilla
SF	76,78	17,85	5,36
SC	71,43	26,19	2,38
SP	86,84		13,16
M6	-	-	100

En el caso de M6, se conoce su composición: bentonita y caolinita, por ello se sabe que es fracción de arcilla únicamente.

8. Tamaños de partículas - Sánchez y col.

Para **LP** se observaron dos fases en la que claramente se distinguía la de arena, pero la de limo y arcilla no fue tan clara, por lo que fue considerada como una mezcla de ambas.

En la siguiente ilustración (Figura 8.3) se presentan las tres fases de sedimentación para el caso de SF; según el tamaño de la partícula, de arriba hacia abajo se observa: arcilla, limo y arena.

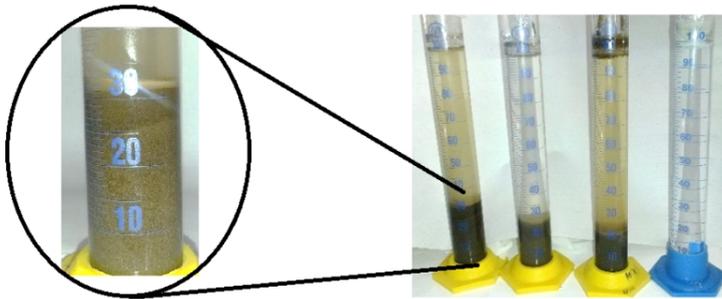


Figura 8.3. Fases del suelo fértil.

Observación al microscopio

Los oculares del microscopio utilizado presentan un aumento de 10x, es decir que aumentan 10 veces la imagen. A este aumento se le agrega además otros objetivos con diferentes valores de ampliación, 4x, 10x, 20x, por lo tanto en el caso de usar un aumento 10x, por ejemplo, se aumentará 100 veces la imagen.

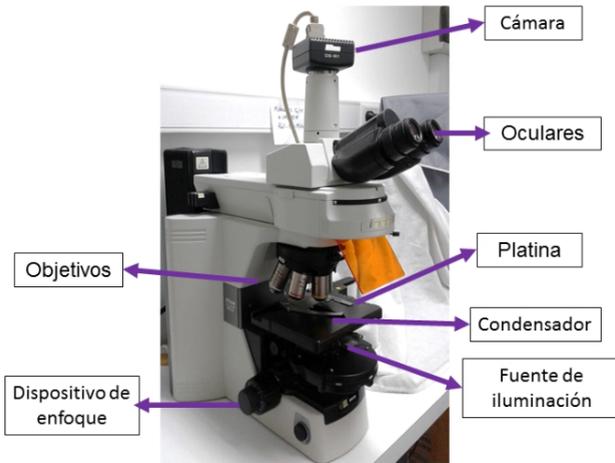


Figura 8.4. Microscopio óptico utilizado en la observación de partículas.

De la comparación de las figuras subsiguientes se puede observar que al contrastar con el mismo aumento las partículas de arena presentan un tamaño mucho mayor en comparación con las partículas de fango (LM) cuya composición inicial es de arcillas, bentonita y caolinita.

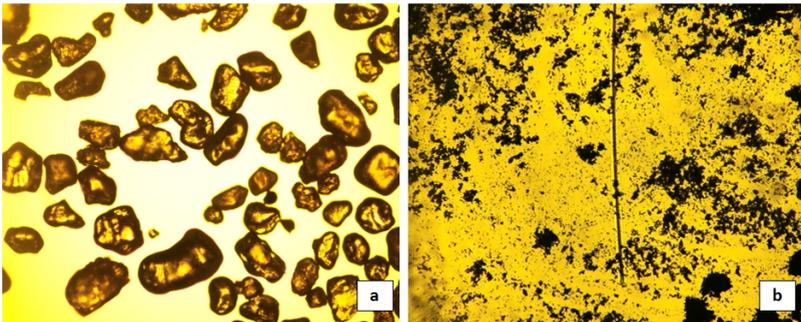


Figura 8.5. a) partículas de arena. b) partículas de LM liofilizada tamizada (fango). Aumento 4x en seco.

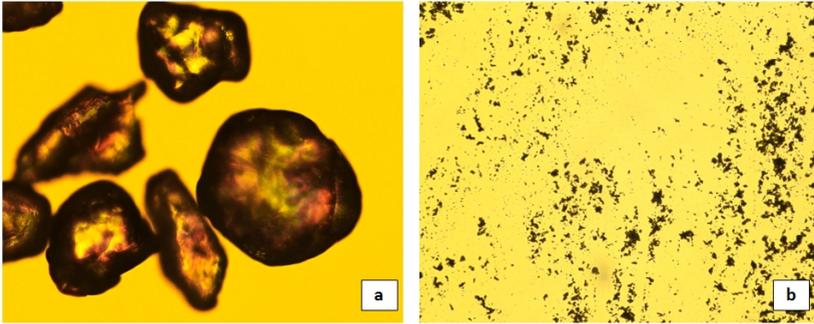


Figura 8.6. a) partículas de arena. b) partículas de LM liofilizada tamizada (fango). Aumento 10x en seco.

En el caso de las figuras a la derecha (fangos) se observa un aglomerado de partículas indistinguibles entre sí, mientras en el caso de las partículas de arena (izquierda) se ven claramente cada una de ellas y es posible estimar su tamaño.

Entre las dos actividades se puede hacer una comparación entre el nivel macro y el micro, es decir por un lado la sedimentación nos permite distinguir las fases y la composición de las muestras según el tamaño de partícula en función de cómo se van acomodando en la mezcla con agua, debido a la fuerza de gravedad y a su tamaño. Mientras que a nivel microscópico podemos ver cómo se acomodan dichas partículas en cada caso.

De esta manera es posible comprender lo que a simple vista puede ser un poco abstracto, ya que al querer separarlos con un tamiz, en realidad lo que observamos es una muestra de suelo homogénea que a simple vista no se puede diferenciar el tamaño que presentan, pero sí podemos comprobar como una parte pasa por la malla mientras el resto queda retenido.

Observación de muestras de fangos y arcillas

A continuación se muestran las partículas de fangos observadas con un mayor aumento, donde se pueden apreciar las partículas que presenta y su forma. Esto nos sirve para determinar que se necesita en el caso de partículas de fangos (arcillas) que para el caso de arenas, lo cual coincide con la Tabla 8.1 presentada en el inicio y además se refleja en la sedimentación cuando la fracción de arena queda en el fondo y la de arcilla en la parte superior.

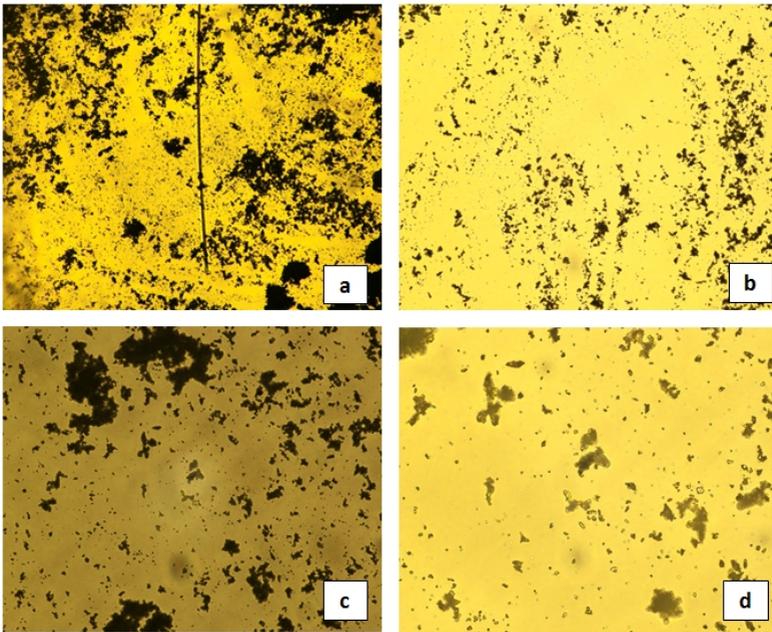


Figura 8.7. Muestra LM liofilizada en seco. Aumentos a) 4x b) 10x c) 20x d) 40x.

Entre las figuras 8.7 y 8.8 (en la página siguiente) se puede observar que presentan estructura similar, en cuanto al tamaño de partícula en función del aumento con el que se observe. En estos casos se forma un aglomerado de partículas lo cual nos da indicio

8. Tamaños de partículas - Sánchez y col.

del pequeño tamaño que presentan. En el aumento 40x, pueden distinguirse mejor algunas de ellas.

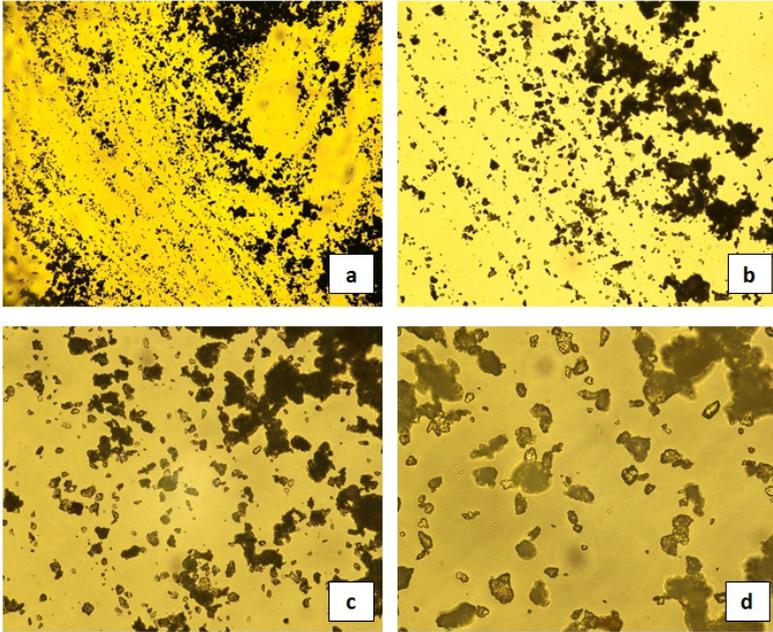


Figura 8.8. Muestras de CATAE en seco. Aumentos a) 4x b) 10x c) 20x d) 40x.

Observación de suelos al microscopio.

Se prepararon muestras de los suelos mencionados en la tabla 8.2 y se procedió a observar en seco en el microscopio, obteniendo los siguientes resultados.

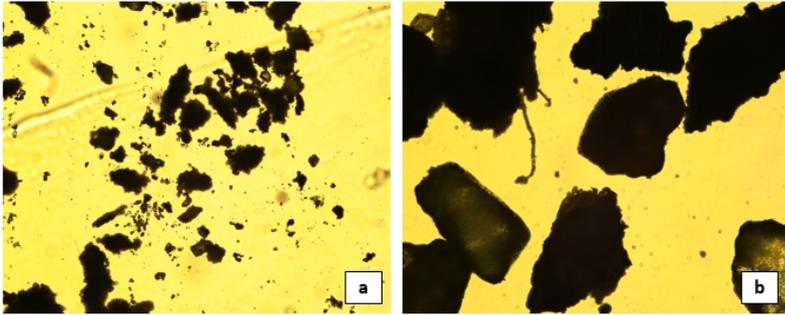


Figura 8.9. Comparación entre: a) Suelo fértil proveniente de compost b) suelo fértil comercial. Aumento 10x.

Se puede ver claramente que con el mismo aumento (10x) las partículas de suelo fértil comercial presentan un tamaño mucho mayor que en el caso del compost.

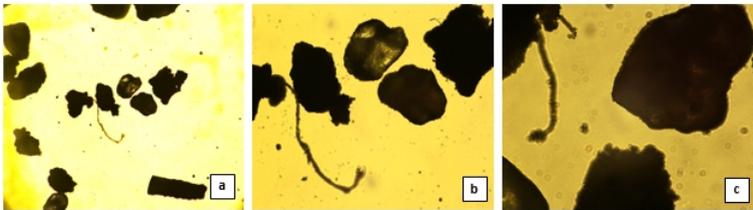


Figura 8.10. Suelo fértil comercial. Aumentos a) 4x, b) 10x, c) 20x.

Las partículas de los suelos salinos pueden verse con claridad en cada uno de los aumentos, pero podemos observar la forma con más nitidez usando el objetivo 40x, con una estructura en forma de punta, con los contornos bien definidos. En general podemos decir que se trata de partículas de tamaño grande, pero en comparación con la muestra de arena son más pequeñas.

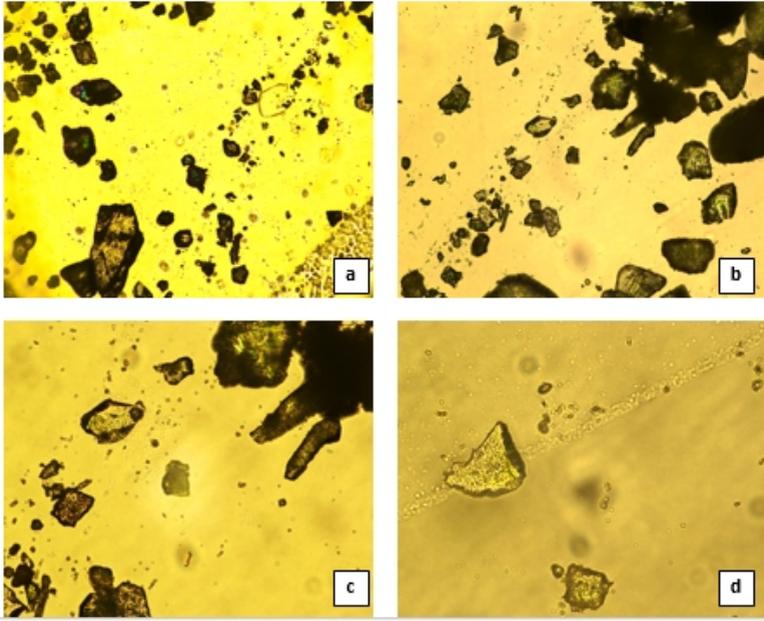


Figura 8.11. Partículas suelo salino. Aumento a) 4x b) 10x c) 20x d) 40x.

En este caso se compara para poder diferenciar el tamaño y la forma que presentan en cada caso. En el suelo salino pueden distinguirse una variedad de partículas de diversos tamaños y formas, en punta, más redondeadas, de gran tamaño y muy pequeñas. En cambio en el suelo fértil (Figura 8.12.a de la página siguiente) puede verse que todas son similares entre sí en cuanto a tamaño y forma.

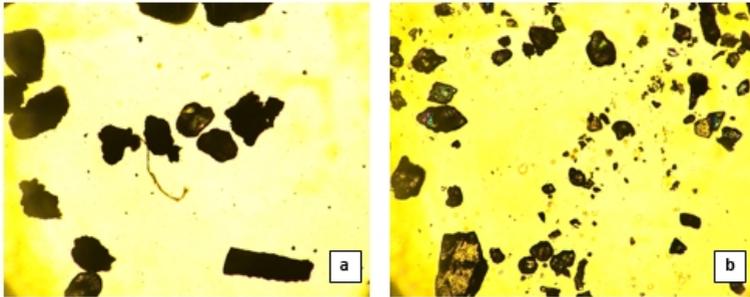


Figura 8.12. Aumento 10x a) Suelo fértil comercial b) Suelo salino.

8.4 Conclusiones

A partir de las dos actividades, sedimentación y observación al microscopio, es posible analizar los sistemas desde un nivel macro a un nivel micro; por un lado, la sedimentación nos permite distinguir las fases y la composición de las muestras en función de cómo va sedimentando la suspensión en agua, lo cual depende del tamaño de las partículas y la fuerza de gravedad, mientras que desde un nivel microscópico es posible distinguir cómo se acomodan las partículas en cada caso y estimar su tamaño. Al separar una mezcla de arena y fango con un tamiz de poro 450 μm , se obtienen dos fases diferentes, una que atraviesa el tamiz y la otra que queda retenida; sin embargo, a simple vista no es fácil diferenciar el tamaño de dichas partículas y observamos una “mezcla homogénea”; es por ello que la observación al microscopio nos permite comprender este fenómeno.

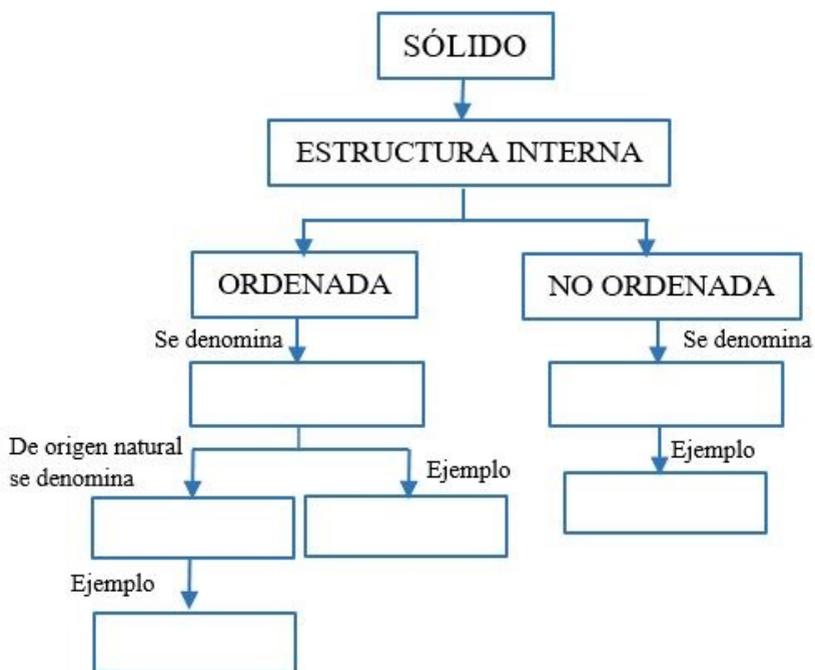
8.5 Actividades de aula

- Podemos analizar a través de la observación, cómo es la estructura de un sólido a nivel macro y cómo lo es a nivel micro.
 - En la siguiente imagen, completa los cuadros en blanco.
 - ¿De qué compuesto se trata? Escribe su fórmula, ¿Qué tipo de unión química presenta?

The diagram shows the transition from a macroscopic view of a white, translucent mineral specimen labeled 'Halita' to a microscopic view of its characteristic cubic crystals. Below the macroscopic view is a white rectangular box. An arrow points from the macroscopic view to the microscopic view, which also has a white rectangular box below it. A second arrow points from the microscopic view to a detailed atomic model of the crystal structure. The model includes a cluster of green and grey spheres representing Na⁺ and Cl⁻ ions, a 3D unit cell diagram, and a 2D lattice of alternating green and grey spheres. Below the atomic model is a white rectangular box.

2. Minerales

- Explica con tus palabras el concepto de mineral.
- Menciona algún mineral que conozcas. Describe sus características. ¿Cuál es su aplicación?
- ¿Conoces alguna mina importante en Argentina? ¿Dónde se encuentra? ¿Qué se extrae de la misma?
- Completa el siguiente cuadro:



9. El estudio de las propiedades fisicoquímicas de bentonitas regionales para identificar un residuo de la industria minera.

A. A. Maggio^{a,b}, M. E. Roca Jalil^{a,b} y M. T. Baschini^{a,b}.

Palabras clave: Minerales arcillosos, residuos, hidratación, hinchamiento.

9.1 Introducción

Un mineral es un compuesto químico, sólido y homogéneo, de origen natural, formado como consecuencia de un proceso, generalmente inorgánico, que presenta una composición química definida pero no fija y con una estructura interna ordenada¹. Los minerales se pueden clasificar en dos grandes grupos: los silicatos y los no silicatos. Entre estos últimos, que se encuentran en menor abundancia, están (según el grupo aniónico en común) los hidróxidos, óxidos, sulfuros, haluros, sulfatos, entre otros. Son importantes por sus propiedades sorbitivas en la fijación de metales, grupos aniónicos tóxicos y moléculas orgánicas; diversos óxidos e hidróxidos de hierro (hematites, maghemita, goethita, lepidocrocita), aluminio (gibbsita) y manganeso (pirolusita, manganita). Dentro de este grupo también podemos encontrar biominerales (originados por procesos biológicos), tal es el caso

^aFacultad de Ingeniería-Departamento de Química- Universidad Nacional del Comahue.

^bGrupo de Estudios en Materiales Adsorbentes. PROBIEN-CONICET-UNCo, Buenos Aires 1400, Neuquén, Argentina.

Miria Baschini - miria.baschini@fain.uncoma.edu.ar

¹ E. H. Nickel. *The definition of mineral*. 1995. URL: [http://www.minsocam.org/msa/IMA/ima98\(04\).pdf](http://www.minsocam.org/msa/IMA/ima98(04).pdf).

del hidroxiapatito que forma parte de los huesos y dientes². Los silicatos, son minerales más frecuentes en la corteza terrestre, tienen como unidad estructural el tetraedro de sílice, donde un átomo de silicio (catión Si^{4+}) se coordina tetraédricamente con cuatro oxígenos (anión O^{2-}). Cada anión O^{2-} comparte una carga negativa con el catión Si^{4+} , dejando libre una carga negativa en cada uno de los vértices. Este tetraedro de sílice, cargado negativamente, puede enlazarse con varios cationes para formar una estructura cristalina tridimensional. Los tetraedros pueden también combinarse con otros tetraedros, compartiendo los vértices (aniones O^{2-}). Según la manera en la que se disponen los tetraedros, da lugar a las diferentes familias de silicatos, si dicha disposición son láminas se los denominan filosilicatos (minerales de arcilla). En la provincia de Rio Negro (Patagonia argentina) se encuentra un extenso yacimiento de bentonitas, rocas arcillosas formadas por esmectitas que pueden estar acompañadas de impurezas como feldespatos (oligoclasa-andesina), cuarzo y pequeñas cantidades de micas, yeso y calcita, entre otros³.

Las esmectitas son minerales arcillosos que se encuentran dentro del grupo de los filosilicatos. Estos son silicatos hidratados o aluminosilicatos con unidades estructurales básicas que consisten en: tetraedros de silicio-oxígeno (SiO_4)⁴⁻ que se unen entre sí formando hojas tetraédricas (T) u octaedros de cationes trivalentes (M^{3+} : Al^{3+} ó Fe^{3+}) o divalentes (M^{2+} : Mg^{2+} ó Fe^{2+}) con oxígeno que forman las hojas octaédricas (O). En el caso de las esmectitas las hojas forman láminas que están formadas por dos hojas T y una O (TOT). La sustitución por cationes de menor carga en la estructura origina que las láminas presenten cargas negativas, las cuales se encuentran compensadas por la presencia de otros

² I. Carretero-León y M. Pozo-Rodríguez. *Mineralogía aplicada. Salud y ambiente*. Ed. Paraninfo, 2007.

³ M. E. Roca Jalil. «Estudios de adsorción de fármacos en soluciones acuosas sobre arcillas pilareadas.» Tesis doct. U. N. de San Luis, 2015.

9. Minerales arcillosos naturales - Maggio y col.

cationes que en las esmectitas están hidratados y se denominan cationes de interlámina.

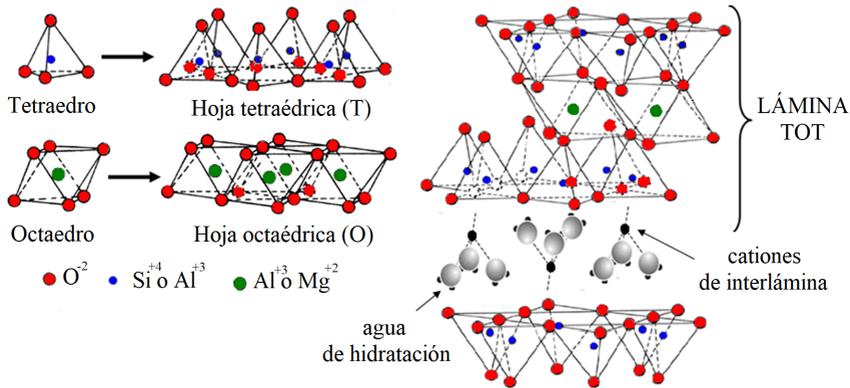


Figura 9.1. Estructura y disposición de capas de un mineral arcilloso TOT⁴.

9.2 Propiedades físico químicas de los minerales arcillosos

La existencia de las cargas descompensadas y de los cationes de interlámina son responsables de distintas propiedades físico químicas de los minerales arcillosos tales como la reactividad superficial, el intercambio iónico y la hidratación.

- **Reactividad superficial:** En el proceso de adsorción, una molécula (adsorbible) desde la fase líquida o gaseosa se une a la superficie de una fase sólida (adsorbente). Existen varios mecanismos de adsorción propuestos^{5,6}, a saber

⁴ Basado en R. E. Grim, Clay Mineralogy 2nd ed. McGraw-Hill.1953.

⁵ F. Molina. *Soil colloids properties and ion binding*. CRC Press, 2014.

⁶ Carretero-León y Pozo-Rodríguez, *Mineralogía aplicada. Salud y ambiente*.

- Intercambio o electrostático: los iones de la disolución se concentran en una superficie en función de la atracción electrostática en los lugares cargados de la superficie.
- Físico: producido debido a fuerzas de van der Waals, la molécula se encuentra débilmente unida a la superficie del adsorbente.
- Químico: el adsorbato (molécula sobre la superficie) interactúa mediante un enlace químico con la superficie del adsorbente.

Mediante el proceso de adsorción sobre los sitios superficiales se puede determinar la superficie específica de un sólido (área superficial por unidad de masa). Existen numerosos métodos que han sido utilizados para las esmectitas. Uno de ellos es mediante la utilización de vapor de agua, cuya polaridad molecular permite un buen acceso a los sitios cargados eléctricamente que presentan los minerales arcillosos. Además, es un procedimiento de bajo costo y sencillo, que consiste en la determinación gravimétrica, a **presión relativa constante**, de la cantidad de agua retenida o adsorbida sobre la superficie sólida a medir.

■ Hidratación e hinchamiento

Todas las arcillas atraen agua a sus superficies, pero solo algunas la introducen en su estructura. Tal es el caso de las esmectitas que atraen agua sobre su superficie y también en el espacio interlamina, lo que provoca formación de hidratos y cambios de volumen (hinchamiento). El fenómeno de hidratación se desarrolla en dos etapas conforme aumenta el contenido de agua

- Hidratación interlamina (intracristalina): resultado de la hidratación de los cationes interlaminares. Se pueden

diferenciar dos tipos de agua interlamina: 1) agua de primera esfera de hidratación coordinada alrededor del catión interlamina; 2) agua en la esfera secundaria de hidratación del catión. Esta última es más móvil que la anterior, mientras que la removilización del agua de la primera esfera de coordinación solo tiene lugar ante tratamientos que provocan la deshidratación del catión.

- Hidratación continua u osmótica: al aumentar la cantidad de agua se produce la sorción ilimitada de agua en las superficies externa e interna de las partículas⁷. El grado de hidratación e hinchamiento depende del tipo de catión interlamina. Si el catión es divalente (Ca^{2+} o Mg^{2+}), el complejo (catión hidratado) mantiene sus interacciones puente de hidrógeno con los oxígenos de las hojas tetraédricas, también llamada superficie basal, de láminas adyacentes lo que permite apilamientos de algo más de media docena de láminas. Por otro lado, si la carga de la esmectita es octaédrica y los cationes interlaminares son Na^+ o Li^+ , se produce una disociación de las láminas individuales. La hidratación ocurre como resultado de la diferente concentración entre la superficie de la arcilla y la solución en la que se encuentra (hidratación osmótica).
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC): La CIC de los minerales arcillosos es generalmente relativa a la carga de la lámina, lo cual ocurre sólo cuando todos los cationes que compensan la carga son intercambiables. La CIC corresponde a la suma de dos tipos de cargas:

1. Sustitución isomórfica de la lámina, si los cationes que

⁷ Ver ref. 5

compensan la carga no están fijos y son intercambiables por otros cationes. Esta carga estructural también es llamada constante o permanente y es generada por sustituciones de iones o vacancias en las láminas octaédricas y/o tetraédricas.

2. Coordinación de cationes en los bordes, que depende del pH, H_3O^+ , H_2O , o HO^- . Esta carga dependiente del pH varía con la naturaleza de la solución (pH, fuerza iónica) debido a las siguientes reacciones:



Con $\text{M} = \text{Si}^{4+}$, Al^{3+} o Mg^{2+} . Para el caso de las esmectitas, la carga dependiente del pH varía entre 10 y 20 % del total de la carga. Si el pH es igual a 7 se asume que sólo los cationes de intercambio en sitios permanentes participarán de la reacción de intercambio⁸.

Los cationes de intercambio forman con la superficie complejos de esfera externa, es decir que se produce la unión electrostática con el catión hidratado. La fuerza de este enlace depende de varios factores: valencia del catión, grado de hidratación del catión, interacciones catión-superficie, interacciones entre las moléculas de agua y la superficie^{9,10}.

⁸ F. Bergaya, G. Lagaly y M. Vayer. «Cation and Anion Exchange». En: 2nd. Vol. 5. Elsevier, 2013. Cap. 2.11, págs. 333-359.

⁹ Ver ref. 6

¹⁰ L. Yan, C. B. Roth y P. F. Low. «Changes in the SiO Vibrations of Smectite Layers Accompanying the Sorption of Interlayer Water». En: *Langmuir* 12.18 (1996), págs. 4421-4429.

Objetivos

- Determinar algunas de las propiedades fisicoquímicas más importantes de diferentes minerales arcillosos encontrados en la región Norpatagónica, que son realizadas regularmente para conocer la calidad del mineral y darle la aplicación adecuada.
- Asociar dichas propiedades con contenidos disciplinares que se encuentran en diferentes asignaturas universitarias.

9.3 Parte experimental

En la Tabla 9.1 se describe cada una de las muestras a estudiar

Tabla 9.1. Descripción de minerales arcillosos a estudiar.

Mineral arcilloso	Aplicación	Procedencia
Bentonita sódica, Na-Bent	Fundición	Lago Pellegrini Cinco Saltos (Rio Negro)
Bentonita cálcica, Ca-Bent	Industria cerámica	El Cerro, Teniente Maza (Rio Negro)
Residuo de horno Residuo	Residuo secado a 60 °C	Procesamiento de bentonitas en hornos

Las propiedades a determinar son:

1. Índice de hinchamiento y pH.
2. Capacidad de adsorción de agua vapor

1. Índice de hinchamiento y pH

9.3.1 Materiales

- Probetas de 100 mL.
- Espátula.
- Agua destilada.
- Muestra de arcilla.
- pHmetro o tiras de pH.

9.3.2 Procedimiento

Se miden 100 mL de agua destilada en una probeta graduada. Se pesan 2 g de arcilla seca previamente molida y tamizada (malla 200). Se dispersa la muestra en la probeta en incrementos de 0,1 g. Debe pasar un mínimo de 10 minutos entre las adiciones para permitir una hidratación y asentamiento total de la arcilla en el fondo de la probeta. Una vez añadido el sólido se deja reposar durante 16 a 24 horas. Transcurrido ese tiempo se lee el volumen (mL) que ocupa el sólido, cuyo valor se denomina índice de hinchamiento (IH). El pH se mide en el sobrenadante (Figura 9.2).

9.3.3 Resultados y discusión

La muestra Na-Bent presenta el mayor valor de IH (Tabla 9.2), seguido de Residuo y por último Ca-Bent. La diferencia se encuentra en el catión que predomina en el espacio interlamilar del mineral arcilloso, siendo Na^+ para Na-Bent y Residuo, mientras que la Ca-Bent presenta cationes Ca^{2+} en mayor proporción.



Figura 9.2. IH para la muestra Na-Bent.

Tabla 9.2. Resultados de mediciones en minerales arcillosos.

Muestra	IH (mL)	pH
Na-Bent	42	9,81
Ca-Bent	Menor a 10	8,63
Residuo	26	5,74

El fenómeno de hinchamiento se ve gobernado por el balance entre la atracción electrostática catión-lámina y la energía de hidratación del catión, por lo tanto, si el catión es monovalente (Na^+) las láminas se encuentran más separadas y su apilamiento es desordenado. Mientras que, si el catión predominante es divalente (Ca^{2+}), las láminas se mantienen más ordenadas por la mayor atracción electrostática que ejercen estos cationes presentes en la interlámina. El pH de una suspensión arcillosa puede evidenciar la presencia de impurezas o de grupos superficiales dependientes del pH, en

9. Minerales arcillosos naturales - Maggio y col.

el caso que la muestra presente alta pureza en cuanto a su contenido de minerales arcillosos. Para las muestras Na-Bent y Ca-Bent se obtuvieron valores de pH básicos, mientras que para Residuo fue levemente ácido. Si bien esto puede dar indicios a lo mencionado anteriormente, son necesarios análisis complementarios.

2. Capacidad de adsorción de agua

9.3.4 Materiales

- Desecador.
- Viales de vidrio con tapa (5-10 mL).
- Espátula.
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado (98 % m/m)
- Pentóxido de fósforo (P_2O_5).
- Cápsula de porcelana.
- Balanza analítica.

9.3.5 Procedimiento

Para la adsorción de vapor de agua se registra la masa de cada recipiente con su tapa. Luego se pesan 200 mg de muestra en cada uno de ellos o la cantidad necesaria para recubrir el fondo del recipiente (Figura 9.3).

9. Minerales arcillosos naturales - Maggio y col.



Figura 9.3. Muestras listas para adsorción de vapor de agua.

Se colocan en desecador y son expuestas a una atmósfera saturada de vapor de agua (Figura 9.4) con presión relativa P/P_0 , indicado como humedad relativa % HR, utilizando las soluciones y compuestos detallados en la Tabla 9.3.



Figura 9.4. Armado del sistema para la adsorción de agua en desecador.

Tabla 9.3. Compuesto o solución y la humedad relativa medida.

Compuesto/Solución	HR (%)
P ₂ O ₅	0,0
H ₂ SO ₄ (69 %, $\delta = 1,60$ g/mL)	8,5
H ₂ SO ₄ (60 %, $\delta = 1,50$ g/mL)	18,8
H ₂ SO ₄ (55 %, $\delta = 1,44$ g/mL)	33,0
H ₂ SO ₄ (50,5 %, $\delta = 1,40$ g/mL)	37,1
H ₂ SO ₄ (45 %, $\delta = 1,35$ g/mL)	47,2
H ₂ SO ₄ (40 %, $\delta = 1,30$ g/mL)	58,3
H ₂ SO ₄ (34 %, $\delta = 1,25$ g/mL)	70,4
H ₂ SO ₄ (28 %, $\delta = 1,20$ g/mL)	80,5
H ₂ SO ₄ (21,4 %, $\delta = 1,15$ g/mL)	88,8
H ₂ SO ₄ (15 %, $\delta = 1,10$ g/mL)	93,9
H ₂ O (pura, $\delta = 1,00$ g/mL)	100,0

La solución o compuesto se coloca en una cápsula de porcelana. El incremento en la humedad relativa genera un aumento en la cantidad de agua capaz de adsorberse en el sólido, hasta alcanzar el equilibrio. Para cada % HR se determina la cantidad de agua adsorbida registrando la masa cada 24 hs, hasta obtener un valor constante. Para el cálculo de la cantidad de H₂O adsorbida (mg) por masa de muestra seca (g) a un % HR determinado, se toma como referencia que la masa de muestra seca es aquella obtenida a 0 % HR.

9. Minerales arcillosos naturales - Maggio y col.

9.3.6 Resultados y discusión

En la Tabla 9.4 se muestran los valores de agua/muestra seca (en mg/g) para las distintas muestras

Tabla 9.4. Cantidad de agua adsorbida (mg ads/g muestra).

% HR	Na-Bent	Ca-Bent	Residuo
0,0	0,00	0,00	0,00
8,5	6,38	18,59	5,74
18,8	12,23	28,68	10,96
37,1	48,40	75,94	43,34
47,2	59,57	83,91	52,22
58,3	71,28	90,81	60,05
70,4	113,3	112,05	97,13
80,5	145,21	133,30	127,94
88,8	177,13	153,48	163,45
93,9	189,89	165,16	177,02
100,0	242,55	212,96	229,77

En la Figura 9.5 se muestran los gráficos del proceso de adsorción de agua a 20 °C. Para todas las muestras analizadas se observa una elevada capacidad de adsorción de vapor de agua, lo cual ocurre tanto en la superficie del espacio interlamilar como en la superficie externa que presentan estos materiales. La cantidad de agua adsorbida a un 100 % HR es levemente mayor para Na-Bent, seguido de Residuo y por último, Ca-Bent. Esto podría estar asociado a los cationes predominantes en la interlámina, si estos son Na⁺ permite un mayor acceso de moléculas a la estructura, debido a

que su atracción electrostática catión-lamina es menor que para cationes divalentes. Sin embargo, los valores no son tan diferentes como ocurría para el fenómeno de hinchamiento. Esta diferencia en los fenómenos estaría asociada a los diferentes estados de agregación del agua, líquido y vapor respectivamente, y la disponibilidad del adsorbato para ingresar a la estructura del material. Es importante destacar la semejanza de los datos obtenidos para las muestras Na-Bent y Residuo, lo cual indicaría que esta última tiene alto contenido de bentonita sódica.

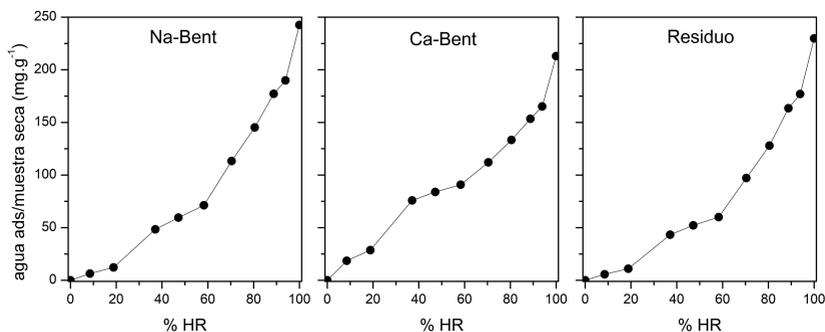


Figura 9.5. Adsorción de agua a 20 °C.

9.4 Conclusiones

Los diferentes aspectos discutidos en este capítulo pueden ser utilizados en temas tales como: formación del enlace químico, tipos de enlace, fuerzas intermoleculares, comportamiento en medios acuosos, entre otros temas.

La preparación de las isothermas de adsorción, incluye tanto aspectos asociados a la interacción entre fase sólida (arcilla) y fase

gaseosa (agua vapor), como todo un sistema asociado de soluciones que generarán diferentes porcentajes de humedad relativa dentro del desecador, aspecto asociado a las propiedades coligativas de las soluciones, específicamente, en este caso, a la disminución de la presión de vapor.

El material de este capítulo puede ser utilizado como base para reproducir las experiencias en laboratorios de docencia de mediana complejidad, pero también en si mismo puede ser utilizado como un texto de referencia para ampliar el conocimiento acerca de estos sistemas materiales tan especiales que se construyen en la interacción de los minerales arcillosos y el agua, en sus presentaciones como líquido o como fase gaseosa (vapor).

10. Los secretos del repollo morado - Las antocianinas como indicadores de pH.

**V. A. Rodríguez-Ameijide^a, M. E. Roca Jalil^{a,b},
M. T. Baschini^{a,b}.**

Palabras clave: Colorantes, antocianinas, pH, indicadores.

10.1 Introducción

Debido a la capacidad y facilidad que tenemos para percibirlo, el color es quizás una de las propiedades más atractivas de todo lo que nos rodea. Así, teniendo en cuenta su repercusión en la industria, durante los últimos años se ha incrementado considerablemente la producción de colorantes para su aplicación en las industrias textil y alimentaria. El término “colorante” hace referencia a toda sustancia química que, a partir de una solución o de una mezcla de partículas, tiene la capacidad de unirse fuertemente a diferentes materiales confiriéndoles su coloración. Si bien existen diversos criterios para clasificarlos, se destacarán aquellos vinculados a su origen y su composición química. En el primero de los casos, se denominan colorantes naturales a aquellos extraídos de una sustancia vegetal, animal o mineral; en caso de tratarse de productos obtenidos químicamente se los conocen como sintéticos.

Teniendo en cuenta su estructura química, se puede agrupar a los colorantes naturales en carotenoides, clorofilas, colorantes fenólicos (flavonoides, antocianinas y taninos), betalaínas, hemo-

^aFacultad de Ingeniería-Departamento de Química- Universidad Nacional del Comahue.

^bGrupo de Estudios en Materiales Adsorbentes. PROBIEN-CONICET-UNCo, Buenos Aires 1400, Neuquén, Argentina.

Vanina Rodríguez-Ameijide - niinarodriguez1804@gmail.com

pigmentos, entre otros; siendo los cuatro primeros provenientes de los vegetales^{1,2,3,4}.

En este trabajo el foco estará puesto en el estudio y aplicación de las antocianinas (ACy), un colorante natural extraído de la planta de repollo morado. El vocablo antocianina se deriva del griego, “anthos” que significa flor y “kyanos”, azul⁵. Las ACy son sustancias orgánicas que representan uno de los grupos más importantes de pigmentos hidrosolubles que pueden ser detectados en la región del visible del espectro electromagnético y son responsables del color rojo, púrpura y azul de diferentes plantas, frutas y flores. En los últimos años, el interés en estos pigmentos ha aumentado considerablemente dado que se ha descubierto que tienen propiedades medicinales de gran potencial, pero además porque pueden ser utilizados como sustitutos de colorantes sintéticos⁶.

Además de ser responsables de una amplia gama de colores en el reino vegetal, las antocianinas tienen la particularidad de ser útiles como indicadoras naturales de pH cuando se encuentran disueltas⁷. Este comportamiento es asociado a las transformaciones e interacciones que sufre la molécula ACy en función de la

¹ E. Flores, C. Roque y R. Ochoa. «Química del color». En: *Revista de Química* 9.2 (1995), págs. 99-109. URL: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/5551>.

² O. R. Fennema y S. R. Tannenbaum. *Introducción a la química de los alimentos*. Acirbia Editorial, 1993.

³ I. Guerrero Legarreta y E. López Hernández. «Pigmentos». En: ed. por S. Badui Dergal. 4.^a ed. Pearson Educación, 2006. Cap. 7, págs. 401-444.

⁴ R. Sanchez Juan. «La química del color en los alimentos». En: *Química Viva* 12 (2013), págs. 234-246.

⁵ J. H. von Elbe y S. J. Schwarz. «Colorantes». En: ed. por O. R. Fennema. 2.^a ed. Acirbia Editorial, 2001. Cap. 10, págs. 773-854.

⁶ D. Strack y V. Wray. «The Flavonoids». En: ed. por J. B. Harborne. Chapman & Hall, 1994. Cap. The Antocyanins, págs. 1-22.

⁷ G. A. Garzon. «Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revision». En: *Acta Biológica Colombiana* 13 (2008), págs. 27-36.

acidez del medio. En este sentido, a cada estructura predominante que adopta la ACy en solución le corresponde una determinada coloración.

Considerando dicha capacidad indicadora de pH, se presenta a continuación el diseño de una propuesta didáctica que puede ser llevada a cabo con estudiantes de los distintos niveles educativos (primario, secundario y universitario). Ésta consiste en prácticas de laboratorio y puede ser utilizada como tema disparador a conceptos químicos específicos como: sustancias, acidez y basicidad, pH, colorantes, equilibrio químico, entre otros. Ante lo mencionado, se entiende que, al enseñar ciencias a partir de elementos sencillos y conocidos por los estudiantes, se favorece a un modelo de enseñanza atravesado por la ciencia, la vida cotidiana y los aspectos sociales.

10.2 Obtención del colorante ACy

La técnica empleada para extraer el colorante natural ACy consiste, en primera instancia, en enjuagar las hojas de repollo morado y seleccionar aquellas que tengan mayor coloración; luego, de acuerdo a la cantidad de hojas, definir y agregar el volumen de agua destilada necesario para mantener una relación de 0,6-0,8 g.mL⁻¹. Una vez preparado el sistema, calentar 45 minutos luego de haber alcanzado la ebullición (para optimizar el tiempo de hervor, tapar el sistema). Finalmente, separar el residuo sólido de la solución coloreada ACy mediante el método tría.

10.3 Las antocianinas como indicadores naturales de pH

Un indicador de pH es un ácido o una base débil orgánica cuyo color depende del valor de pH de la solución donde se ha añadido. El indicador existe en dos formas: un ácido débil con determinado color y su base conjugada con coloración diferente. Cuando se

10. Antocianinas - Rodríguez Ameijide y col.

añade una pequeña cantidad de indicador a una solución no influye en su valor de pH. Sin embargo, el equilibrio de ionización del indicador se ve afectado por la concentración de protones presentes en la solución⁸. Este equilibrio podría representarse de forma genérica como:



A fin de evaluar la capacidad indicadora de pH de las antocianinas en solución acuosa se preparó, a partir de una misma solución de ACy, una escala completa de pH. En la Figura 10.1 se muestran las tonalidades obtenidas para la solución acuosa de ACy donde los diferentes tubos representan distintos valores de pH que fueron ajustados con soluciones de ácido clorhídrico (HCl) o hidróxido de sodio (NaOH) según corresponda. De esta manera se puso de manifiesto la capacidad indicadora de pH de las ACy.

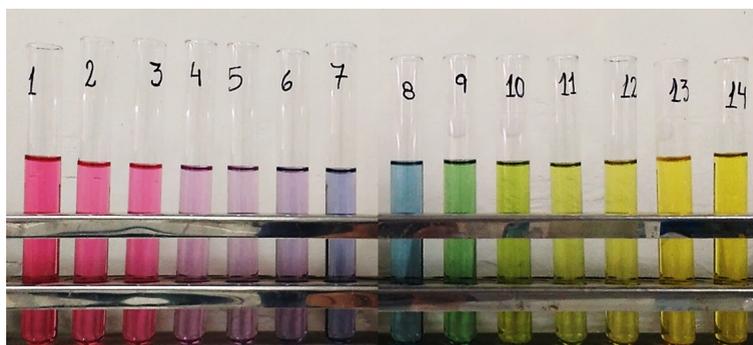


Figura 10.1. Capacidad indicadora de pH de las ACy en solución acuosa.

⁸ Petrucci y col., *Química General*.

10.4 Parte A: Actividad Experimental

Esta actividad fue diseñada buscando fomentar el trabajo en grupo de los estudiantes, para lo cual se organizan pequeñas comisiones donde cada una contará con todos los materiales necesarios para llevarlo a cabo. Además, a cada uno de los grupos se les adjuntará una fotografía impresa de la Figura 10.1. En caso de contar con un cañón de proyección, éste puede reemplazar la impresión de la misma.

Antes de comenzar con la actividad experimental, se recomienda realizar una puesta en común en la que se pacten las pautas de trabajo como así también que permita tener noción de las ideas previas de los estudiantes sobre el tema a trabajar (pH, sustancias, acidez y basicidad). Es importante además hacer hincapié en los criterios seleccionados para clasificar a las sustancias en ácidas y básicas.

Objetivos

- Fomentar el pensamiento científico el cual comprende, entre otras, la capacidad de observar, formular preguntas contestables empíricamente, describir lo observado.
- Promover contenidos actitudinales y procedimentales tales como el trabajo en grupo, la toma de resultados, elaboración de hipótesis, entre otros.
- Generar un espacio donde los estudiantes tengan la posibilidad de vivenciar la tarea de la comunidad científica entendiendo que el desempeño de ésta conlleva, en gran proporción, el trabajo dentro de un laboratorio.
- Clasificar en sustancias ácidas y básicas a algunos elementos que manipulamos cotidianamente.

10. Antocianinas - Rodríguez Ameijide y col.

Materiales y reactivos

- Frascos
- Pipetas Pasteur
- Agua destilada
- Indicador natural de pH (solución ACy)
- Limón exprimido, Vinagre, Lavandina, Jabón rayado, Gaseosa “7 Up”, Bicarbonato de sodio, “Alikal”.

¿Qué hacer?

- En cada uno de los frascos colocar una de las sustancias ya mencionadas.
- Agregar agua destilada (menos de la mitad del frasco).
- Adicionar 15 gotas de indicador natural.
- Observa y registra en tu carpeta tus resultados. Para determinar el valor de pH de la sustancia deberás comparar los colores de la fotografía con tus resultados.
- Una vez determinado el valor de pH de la sustancia, para clasificarla en ácida, básica o neutra deberás tener en cuenta los siguientes valores:
 - Sustancia ácida: valores de pH menores a 7.
 - Sustancia neutra: valor de pH igual a 7.
 - Sustancia básica: valores de pH superiores a 7

- Finalmente, completa la siguiente tabla:

Sustancia	Color observado	pH	Clasificación

10.5 Resultados y discusión

La actividad experimental planteada fue llevada a cabo con estudiantes de tres niveles distintos a fin de utilizarla como tema disparador de diferentes contenidos. En el caso del nivel primario se trabajó con estudiantes de 6° y 7° grado con el objeto de acercarlos a la ciencia a modo de divulgación. En el caso de nivel secundario se trabajó con estudiantes de 5° año y en este caso la actividad fue el tema disparador de la unidad de “Ácidos y bases”. Finalmente, se utilizó también como actividad del área de Química en el curso de ingreso de los estudiantes de Ingeniería Agronómica en la Universidad Nacional del Comahue donde se utilizó el indicador para evaluar el pH de suelos en estudio y los resultados fueron contrastados con medidas realizadas con peachímetro electrónico. Las Figuras 10.2 y 10.3 de la página siguiente muestran algunos de los resultados obtenidos con estudiantes de los tres niveles.

En cada uno de los casos, en la discusión previa a la realización de la experiencia de laboratorio (que puede ser llevada a cabo tanto en el laboratorio como en el aula) es probable que los estudiantes expongan hipótesis acerca de los resultados esperados con las sustancias a evaluar.

Durante el trabajo algunas de esas hipótesis serán comprobadas y otras contrastadas; **el nivel de discusión e interpretación de las**

mismas estará asociado fundamentalmente a los estudiantes y el tema por tratar.

En este sentido, es importante conocer una explicación mas detallada de estos resultados. Las antocianinas (ACy) son glucósidos de las antocianidinas (o agliconas) perteneciente a la familia de los flavonoides. En el caso particular de la planta de repollo morado, se han identificado al menos 36 antocianinas diferentes siendo la mayoría glucósidos de la cianidina.

Nivel Primario (6° y 7° grado)

SUSTANCIA	CLASIFICACIÓN
Bicarbonato	básico
Talco	básico
Limon	ácido
FVP	ácido
Alcohol	ácido
Agua	ácido
Lavandina	básico

Nivel Secundario (5° año)



Figura 10.2. Resultados obtenidos por estudiantes de los niveles primario y secundario.

10. Antocianinas - Rodríguez Amejide y col.

Nivel terciario (ingresantes UNCo)

Solución	pH con peachimetro	pH con indicador	CLASIFICACIÓN
Limon en Agua	1,1 - 1,3	1-2	ÁCIDO
Bicarbonato de Sodio en Agua	8,3 - 8,6	8-9	BÁSICO
Jalón en Agua	10,7	9-10	BÁSICO
Vinagre	1,6 - 1,7	3-4-5	ÁCIDO
SUELO A	6-7 - (7,8)	6-7	NEUTRO
SUELO B	5,6 - 6,1	5-6	ÁCIDO
SUELO C	5,2	5-6	ÁCIDO

Figura 10.3. Resultados obtenidos por estudiantes del nivel terciario.

En la Figura 10.4 se muestra la estructura molecular de la cianidina-3-glucósido (mayoritaria en el repollo morado). En su estructura, también conocida como catión flavilio, se unen dos grupos aromáticos: un benzopirilio y un anillo fenólico⁹.

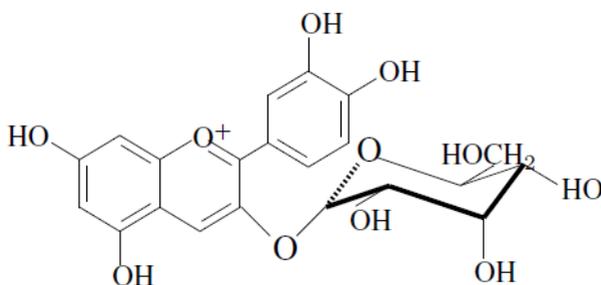


Figura 10.4. Estructura molecular de la cianidina-3-glucósido, antocianina mayoritaria en la planta de repollo morado.

⁹ Garzon, «Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revision».

Al realizar la actividad experimental se ha observado que al agregar ACy a la solución en estudio, la coloración del sistema se modifica. Este cambio de color se asocia al valor de pH que presente el sistema y se debe al hecho que, además de ser un pigmento hidrosoluble responsable de una amplia gama de colores en el reino vegetal, las antocianinas pueden ser utilizadas como indicadores naturales de pH.

Químicamente, al colocar la ACy en contacto con la solución ocurre una simple reacción ácido-base donde el cambio de coloración de la solución se debe a una transformación estructural de la ACy, inducido por la protonación o desprotonación de la especie mayoritaria en la solución. En la Figura 10.5 se muestran las estructuras moleculares de la ACy en solución que predominan según el pH; como puede observarse, cada una de ellas presenta una tonalidad que la caracteriza.

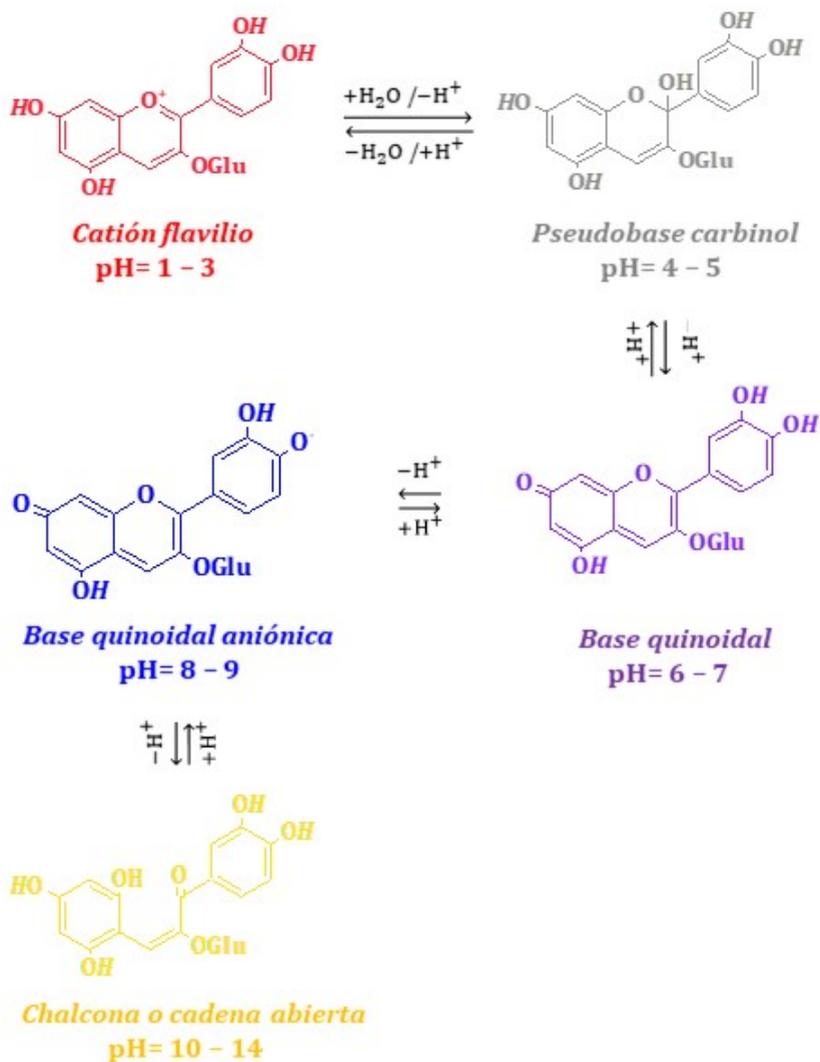


Figura 10.5. Transformaciones estructurales de la Cianidina-3-glucósido en función del pH.

De acuerdo a estudios experimentales realizados previamente, se sabe que la especie más estable de la ACy se encuentra en soluciones de pH ácido y por esto la acidez es considerada un factor “protector” sobre la molécula de antocianina. Así, en solución acuosa a valores de pH ácidos (3-4) las antocianinas adoptan la estructura más estable denominada catión flavilio que, dado que se encuentra deficiente en electrones, es muy reactivo y sensible a cambios de pH¹⁰. Esto último es importante dado que al realizar la experiencia se recomienda utilizar la solución ácida (pH 4-5) de antocianinas lo que le aportará mayor durabilidad.

10.6 Parte B: Actividades para el aula

Como se mencionó anteriormente, la actividad propuesta es útil para ser utilizada fundamentalmente como tema disparador. Para el caso particular de nivel medio y como se mencionó anteriormente, fue utilizada para desarrollar posteriormente la unidad de ácidos y bases de forma tal de alcanzar diferentes contenidos disciplinares.

En la Figura 10.6 de la página siguiente se muestra una red de contenidos disciplinares que fueron desarrollados a partir del trabajo, dentro de los cuales se incluyen concepto de pH, ácidos, bases, neutralización, nomenclatura de compuestos inorgánicos, equilibrio químico, cálculos estequiométricos, entre otros¹¹. Así mismo, es interesante resaltar que se observó gran interés hacia la asignatura por parte de los estudiantes lo que evidencia la importancia de este tipo de propuestas áulicas.

¹⁰ Guerrero Legarreta y López Hernández, «Pigmentos».

¹¹ V. Rodríguez Ameijide. *Estudios de adsorción de colorante natural sobre arcillas naturales y sus aplicaciones en enseñanza de la química*. 2018.

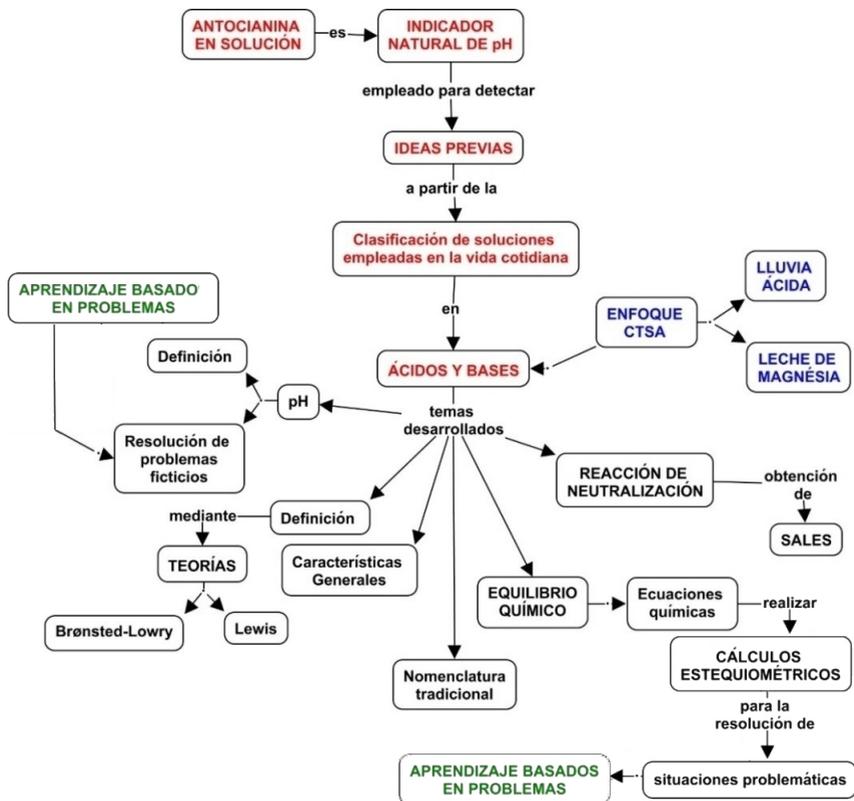


Figura 10.6. Contenidos disciplinares desarrollados a partir de la detección de ideas previas.

Una vez realizada la actividad experimental, se proponen luego una serie de actividades áulicas que podrían ser utilizadas para el desarrollo de los conceptos específicos mencionados antes.

Actividad N° 1.

En un laboratorio había una serie de muestras que necesitaban ser analizadas. El primer paso fue clasificarlas de acuerdo a su acidez. Se decidió usar un indicador natural del pH.

10. Antocianinas - Rodríguez Amejjide y col.

Responde:

1. ¿En qué consiste un indicador natural de pH? ¿Qué tipos de indicadores existen? ¿Cuáles son las ventajas de trabajar con un indicador natural de pH? ¿Y cuáles son las desventajas?
2. Los investigadores contaban con la siguiente imagen. Luego de adicionar el indicador a todas las muestras obtuvieron los siguientes resultados. Compara con la imagen siguiente y completa la tabla 10.1 acuerdo al pH estimado.

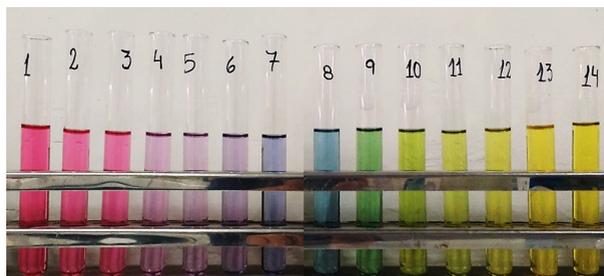


Tabla 10.1. Tabla para muestras.

Muestra	Color con indicador	pH	pOH	Clasificación
1				
2				
3				
4				
5				
6				

3. Resulta que revisando unos cajones en el laboratorio, encontraron una hoja con los siguientes datos. De acuerdo a los resultados anteriores, ayuda a los investigadores a determinar cada una de las muestras.

Tabla 10.2. Tabla para completar.

$[H^+]$	pH	pOH	Clasificación	Muestra
1×10^{-7}				
$4,4 \times 10^{-4}$				
1×10^{-11}				
$8,2 \times 10^{-14}$				
1×10^{-9}				
$1,2 \times 10^{-5}$				
9×10^{-9}				

Actividad N° 2.

Leer el texto “Lluvia ácida”, extraído de Chang y Goldsby, 2013.

La lluvia ácida se forma cuando la humedad en el aire se combina con los óxidos de nitrógeno y de azufre emitidos por fábricas, centrales eléctricas, calderas de calefacción y vehículos que queman carbón o productos derivados del petróleo que contengan azufre y nitrógeno. En interacción con el agua de la lluvia, el óxido nítrico gaseoso (que se ha formado a partir de óxidos de nitrógeno) reacciona con agua para producir ácido nítrico; y a su vez el trióxido de azufre gaseoso reacciona con agua para producir ácido sulfúrico. Finalmente, estas sustancias químicas caen a la tierra acompañando a las precipitaciones, constituyendo

10. Antocianinas - Rodríguez Ameijide y col.

la lluvia ácida. Se considera lluvia ácida si presenta un pH menor que 5 y puede alcanzar el pH del vinagre (pH = 3), valores que se alcanzan cuando en el aire hay uno o más de los gases citados.

Responde:

1. Representa la frase marcada en negrita como una ecuación química.
2. Identifica los reactivos y productos de las reacciones mencionadas.
3. Balancea la ecuación química.

10.7 Conclusiones

La presente propuesta de trabajo experimental en el aula fue enmarcada en la idea de un proceso de enseñanza aprendizaje que sea atravesado por la ciencia, la vida cotidiana y los aspectos sociales. En este marco, es inherente concebir a la ciencia como una construcción humana en un proceso en el que la alfabetización científica es necesaria y para lo cual es igual de necesario entender que su enseñanza debe ser contextualizada en la vida real y en las necesidades de nuestros alumnos^{12,13}. En este sentido, los estudiantes aprenden adquiriendo competencias que posibilitan el desarrollo de la capacidad de observar la realidad que los rodea como así también el pensamiento lógico, la imaginación o búsqueda de evidencias detrás de argumentos provistos por otros y por uno mismo.

¹² V. Villalobos Delgado, J. Ávila Palet y S. L. Olivares O. «Aprendizaje Basado en Problemas en química y el pensamiento crítico en secundaria.» En: *Revista mexicana de investigación educativa* 21 (2016), págs. 557-581.

¹³ C. L. Fernández y M. I. Aguado. «Aprendizaje basado en problemas como complemento de la enseñanza tradicional en Físicoquímica». En: *Educación Química* 28.3 (2017), págs. 154-162.

Con base en los enfoques descriptos y considerando que los aprendizajes resultan significativos cuando se confronta la realidad con la teoría, se emplearon las propiedades de las ACy en solución para diseñar propuestas didácticas enmarcadas en prácticas de laboratorio. Así mismo, estas propuestas permiten desarrollar conceptos químicos específicos tales como sustancias, acidez y basicidad, pH, indicadores de pH, colorantes, equilibrio y cinética química, adsorción, absorción, espectroscopia UV-vis, capacidad de intercambio iónico, entre otros.

La propuesta diseñada en este trabajo fue llevada a cabo en distintos contextos educativos y en todos los casos descriptos previamente es interesante destacar cómo a partir de un mismo tema es posible abordar múltiples contenidos propios de la disciplina. Esto último queda representado en la Figura 10.7 en la que se muestran los posibles conceptos químicos que podrían ser desarrollados mediante el uso de antocianinas (ACy) en solución como indicador natural de pH.

Como puede observarse, teniendo en cuenta el contexto educativo en el cual se desarrolla la actividad y la realidad del aula, es posible abordar contenidos específicos de la asignatura. Cabe mencionar que los objetivos y la complejidad de cada uno de ellos deberán estar acorde al grupo que aprende. De acuerdo a las propuestas que se llevaron a cabo en este trabajo, se ha resaltado con color verde los conocimientos que fueron abordados. De la misma manera, la realización de este tipo de actividad experimental tiene la enorme ventaja que puede ser desarrollada sin necesidad de contar con los instrumentales ni espacio físico de laboratorio, sino que puede ser llevada a cabo dentro del aula sin exponer a los estudiantes a situaciones de riesgo.

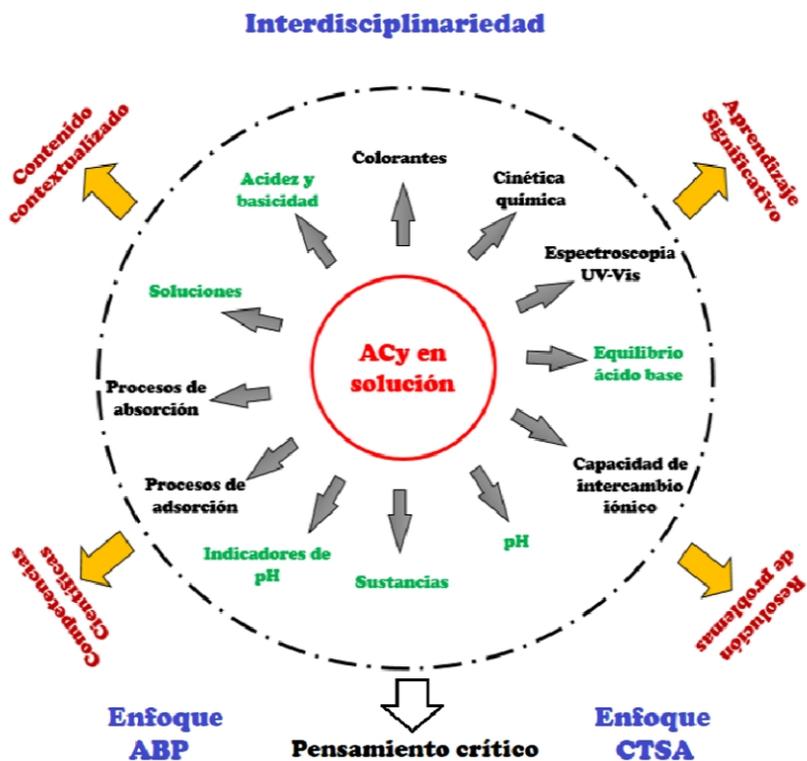


Figura 10.7. Contenidos disciplinares que podrían ser desarrollados mediante el uso de ACy como indicador natural (Rodríguez, 2018).

11. Química a microescala. Una propuesta de enseñanza de estequiometría.

S. A. Silva^b, N. M. Farias^a, D. E. Andrade^a, M. de la V. de la Fuente^a.

Palabras clave: Microescala, enseñanza, estequiometría, laboratorio.

11.1 Introducción

Los propósitos que se le han asignado a las prácticas de laboratorio desde su aparición en el currículum de ciencias, han sido variados y dispares persistiendo hasta hoy, una tendencia de los docentes a plantear trabajos prácticos de laboratorio (TPL) para confirmar hechos y teorías y para desarrollar habilidades manipulativas¹, características asociadas a un modelo tradicional de la enseñanza. No obstante, muchos estudios coinciden en que el valor más significativo de los mismos en la enseñanza superior, no reside en la mera adquisición de técnicas o destrezas manuales, sino en el desarrollo de ciertos procesos científicos para resolver problemas, en el desarrollo de la capacidad investigativa, el espíritu de curiosidad, indagación y la autonomía que caracterizan al trabajo científico². Esta última propuesta es la que consideramos

^aDepartamento de Química, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue, Buenos Aires 1400, 8300 Neuquén, Argentina.

^bCPEM 55 y CPEM 56 - Ciudad de Neuquén.

María de la Victoria de la Fuente - mvfuente@gmail.com

¹ P. Tamir y M. García. «Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de textos de Ciencias utilizados en Cataluña». En: *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* 10.1 (1992), págs. 3-12.

² D. Gil Pérez y A. Vilches. «Una alfabetización científica para el siglo XXI: obstáculos y propuestas de actuación». En: *Revista Investigación en la Escuela* 43 (2001), págs. 27-37.

más apropiada para las actividades experimentales de Química básica: desarrollar a través de los TPL, procesos científicos como la observación, el registro de datos, la emisión de hipótesis, la fundamentación, etc. Un camino que encontramos para ir en esa dirección, fue la transformación de los TPL desde sus versiones iniciales hacia la Química a microescala. La Química a microescala surge a fines de la década del 70 como necesidad de reducir el impacto ambiental de los residuos y los costos de las prácticas de Química principalmente en los Estados Unidos y en el área de la Química Orgánica³. Se utilizan reactivos sólidos en el orden de 25 a 150 mg, y reactivos líquidos de 100 μL a 2 mL, mientras que la escala convencional de trabajo utiliza de 10 a 50 g de reactivos sólidos y de 100 a 500 mL de reactivos líquidos. Las ventajas del cambio de escala son muchas: todo el material de laboratorio que se utiliza es más pequeño, se reduce la cantidad de reactivos y por ende los costos, se pueden armar comisiones con menos cantidad de alumnos y de este modo se promueve un mejor trabajo con los mismos. Los tiempos de operación y los residuos disminuyen ampliamente. Se manipulan sustancias en menor cantidad lo cual reduce riesgos y se minimizan accidentes.

En algunas universidades del mundo, más del 75 % de los laboratorios han adoptado como estándar el desarrollo de prácticas a microescala⁴ reportando ventajas por sobre las prácticas tradicionales tales como reducción entre un 75 y un 99 % de desechos químicos, disminución de accidentes en el laboratorio, reducción de los costos de operación, etc.⁵. Por otra parte, desde el punto de vista didáctico, permite destinar más tiempo a las

³ J. D. Bradley. «UNESCO/IUPAC-CTC global program in microchemistry». En: *Pure Applied Chemistry* 73.7 (2001), págs. 1215-1219.

⁴ F. J. Arnáiz y R. M. Pike. «Microescala en los laboratorios de Química. Una revolución imparables». En: *Anales de la Real Sociedad Española de Química* (1999), págs. 45-51.

⁵ R. M. Mainero. «¿Porqué microescala?» En: *Educación Química* 8.3 (1997), págs. 166-167.

actividades reflexivas pre y post laboratorio antes mencionadas. Esto incluye la posibilidad de repetir experimentos en caso de ser necesario y generar una conciencia de respeto y cuidado ambiental. En este trabajo se presenta una experiencia a microescala química referida al tema Estequiometría y su comparación con el mismo experimento a escala convencional.

11.2 Desarrollo de la experiencia

Se estudió la obtención de cloruro de sodio a partir de bicarbonato de sodio y ácido clorhídrico, que se representa con la ecuación química (1):



Los propósitos docentes fueron:

- Que los estudiantes comprendan y apliquen las leyes de la estequiometría a una reacción de obtención de cloruro de sodio.
- Que los estudiantes diseñen una experiencia, planteen hipótesis y reflexionen sobre los procesos experimentales y su vínculo con la teoría.
- Comparar los resultados entre un práctico de estequiometría a escala convencional y el mismo a microescala.

11. Microescala en Química General - Silva y col.

Objetivos

- Obtener cloruro de sodio seco a partir de bicarbonato de sodio y ácido clorhídrico.
- Comparar el procedimiento de obtención a escala convencional con el de microescala.
- Reconocer los elementos constitutivos del cloruro de sodio mediante reacciones sencillas.
- Calcular el error relativo porcentual en la obtención del cloruro de sodio y analizar las posibles causas del mismo.

Materiales y reactivos

Material de laboratorio

- Vaso de precipitados de 10 mL
- Tubo de microcentrífuga (tubo de Eppendorf)
- Agitador magnético
- Probeta
- Balanza analítica
- Tubos de ensayo de 5 y 15 mL
- pipeta Pasteur
- Piseta
- Mechero

Reactivos

- Bicarbonato de sodio sólido (NaHCO_3)
- Ácido clorhídrico concentrado (HCl)
- Solución de nitrato de plata (AgNO_3)

11.3 Metodología de trabajo

En primer lugar, se dieron a conocer los objetivos de la actividad a los estudiantes y se les solicitó que diseñen una experiencia de laboratorio para obtener el producto en cuestión. Esto suponía redactar el procedimiento detalladamente indicando todos los materiales necesarios.

Luego, con la asistencia de los docentes de la cátedra, se realizó una puesta en común entre todas las comisiones para acordar el procedimiento más adecuado.

En esta instancia se presentaron las características y los fundamentos de la microescala química y con ello, los materiales más apropiados para que la experiencia se desarrollara bajo este nuevo marco de trabajo.

Las comisiones se dividieron en dos grupos, trabajando la mitad de ellas a escala convencional y el resto a microescala con el propósito de comparar los resultados.

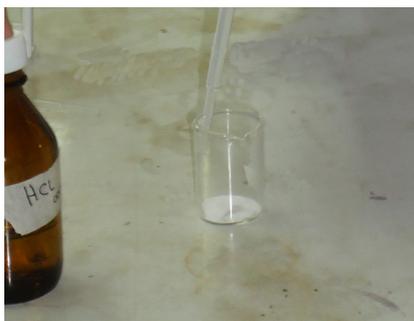


Figura 11.1. Agregado de ácido clorhídrico (c) gota a gota, utilizando pipeta Pasteur, sobre bicarbonato de sodio.

La Figura anterior y las siguientes ilustran algunas de las etapas realizadas por los alumnos. La figura 11.1 muestra el agregado de ácido clorhídrico concentrado, gota a gota, por las paredes de un vaso de precipitado de 10 mL, sobre una masa de NaHCO_3 .

11. Microescala en Química General - Silva y col.

La figura 11.2 muestra el secado sobre plancha calefactora para eliminar el dióxido de carbono remanente y el agua de la reacción. La imagen permite comparar los materiales utilizados en un procedimiento a escala convencional con uno a microescala.



Figura 11.2. Secado del cloruro de sodio obtenido sobre plancha calefactora a microescala y a escala convencional.



Figura 11.3. Reacción de reconocimiento de cloruros en tubo Eppendorf de 3 mL, observándose la formación de un precipitado de cloruro de plata.

11. Microescala en Química General - Silva y col.

Las figuras 11.3 y 11.4 ilustran también el reconocimiento de los iones constitutivos del producto obtenido a través de reacción con solución de nitrato de plata y con el ensayo a la llama.



Figura 11.4. Reconocimiento de los iones sodio, Na^+ , observándose el cambio de coloración de la llama.

11.4 Comparación de las metodologías utilizadas

En la Tabla 11.1 se muestra la reducción en el consumo de reactivos y costos utilizando microescala, por comisión.

Tabla 11.1. Comparación del consumo de reactivos por comisión, entre escala convencional y microescala.

Reactivos	Consumo convencional	Consumo en microescala	Baja en consumo (%)	Baja en costos (%)
HCl	10,00 mL	2,00 mL	80	87,5
NaHCO_3	2,75 g	0,1 g	96,4	96,5
AgNO_3	0,1 mL	0,05 mL	50	41,2

11. Microescala en Química General - Silva y col.

La Tabla 11.2, muestra el costo de los materiales por unidad para cada escala y el costo total de materiales por comisión.

Tabla 11.2. Comparación de costos de material.

Material	Escala	
	Convencional	Microescala
Vaso de precipitado de 100 mL	\$ 432,20	-
Vaso de precipitado de 10 mL	-	\$250,50
Pipeta Pasteur	-	\$ 2,30
Pipeta y propipeta	\$ 802,20	-
Tubo de microcentrífuga	-	\$ 3,60
Tubo de ensayo	\$ 17,20	-
Costo por comisión	\$ 1245,60	\$ 256,40
Costo total	\$ 6228,00	\$ 1282,00

11.5 Discusión y conclusiones

A partir del trabajo práctico de laboratorio realizado por los estudiantes a escala convencional y a microescala se encontraron los siguientes resultados:

- El trabajo a microescala química requiere de balanzas analíticas de alta precisión, para pesar el bicarbonato de sodio (reactivo) y el cloruro de sodio obtenido.
- Se trabaja de manera más segura y más rápida a microescala en el agregado del ácido clorhídrico sobre el bicarbonato de sodio debido a que el manejo de la pipeta Pasteur es más fácil (tipo gotero) que el de la pipeta y la pro-pipeta a escala convencional. Esto representa una ventaja en la enseñanza

11. Microescala en Química General - Silva y col.

conceptual pues permite abordar un contenido central de la Química básica (Estequiometría) sin necesidad de que los estudiantes hayan adquirido destreza en la utilización del material de laboratorio.

- ☛ El calentamiento en la plancha calefactora se hizo para todos los grupos (en ambas escalas), pudiéndose observar que las comisiones que trabajaron a microescala redujeron el tiempo de calentamiento a más de la mitad respecto a la escala convencional. Esto implica reducción de tiempo y de costos.
- ☛ Las reacciones de reconocimiento del producto, tanto la formación del precipitado del cloruro de plata en el tubo de microcentrífuga, como la coloración de la llama por presencia del ión sodio, resultaron perfectamente visibles a microescala.
- ☛ La limpieza del material no presentó dificultad en ninguna de las dos técnicas.
- ☛ En general, el trabajo experimental fue más rápido y cómodo para los estudiantes que trabajaron a microescala, ya que el manejo de los materiales les resultó más seguro y sencillo.
- ☛ El costo de materiales y reactivos fue considerablemente menor en la técnica a microescala.
- ☛ La cantidad de residuos generados fue considerablemente menor con la técnica a microescala. En este caso, destacamos particularmente los vapores de ácido clorhídrico concentrado en la eliminación por calentamiento, del exceso de dicho reactivo.

12. Hidrocarburos en microescala. Experimentos para obtener e identificar alquenos y alquinos.

I. G. A. Funes^{a,b}, M. E. Peralta^{a,c}, M. E. Roca Jalil^{a,c}, M. C. Savini^{a,b}, M. E. Parolo^{a,b}.

Palabras clave: Microescala, hidrocarburos, prácticas de laboratorio, química orgánica.

12.1 Introducción

La enseñanza de las ciencias ha evolucionado considerablemente en los últimos años de forma tal que actualmente su foco está puesto tanto en fomentar el aprendizaje significativo como en formar ciudadanos capaces de interpretar y actuar sobre su entorno.¹ De esta manera, la enseñanza de las ciencias naturales requiere de estrategias que permitan a los estudiantes apropiarse de los conceptos teóricos y aplicarlos a su entorno. La Química Orgánica es una disciplina que no se encuentra ajena a esta situación, por lo que el proceso de enseñanza-aprendizaje de sus contenidos teóricos debe necesariamente encontrarse acompañado

^aFacultad de Ingeniería-Departamento de Química- Universidad Nacional del Comahue.

^bCentro de Investigación en Toxicología Ambiental y Agrobiotecnología, CITAAC (CONICET-UNCo), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue, Buenos Aires 1400, 8300 Neuquén, Argentina.

^cInstituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos, Biotecnología y Energías Alternativas, PROBIEN (CONICET-UNCo), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue, Buenos Aires 1400, 8300 Neuquén, Argentina.

Israel G. A. Funes - israel.funes@fain.uncoma.edu.ar

¹ G. Meroni, M. I. Copello y J. Paredes. «Enseñar química en contexto. Una dimensión de la innovación didáctica en educación secundaria». En: *Educación química* 26.4 (2015), págs. 275-280.

de la mayor cantidad de actividades experimentales^{2,3}.

Tradicionalmente, los cursos experimentales de Química Orgánica han utilizado técnicas a escala convencional (semimicro).

Desde 1923, cuando Fritz Pregl recibió el Premio Nobel de Química por su trabajo relacionado con el método de micro análisis de sustancias orgánicas, comenzaron a desarrollarse trabajos experimentales a escala reducida y publicarse numerosos artículos en la temática. En los últimos años se ha impulsado el uso de técnicas a nivel microescala en los laboratorios de enseñanza de la Química Orgánica, con tendencia creciente en metodología^{4,5}.

La microescala presenta gran cantidad de ventajas respecto a la escala convencional. Una de las más evidentes es la cantidad de reactivo con la que se trabaja dado que para ser considerado microescala debe encontrarse en un rango de 0,005 a 0,5 g de reactivo y no más de 10 mL de disolvente. Una consecuencia directa es la reducción de costos por estudiante en cada experiencia; lo que a su vez posibilita mayor cantidad de trabajos experimentales con los mismos recursos. Además, el trabajo en microescala mejora la seguridad dentro del laboratorio, reduciendo considerablemente la exposición a sustancias potencialmente tóxicas, los riesgos de accidentes y la cantidad de residuos generados (se estima que se reduce aproximadamente el 75 %, lo

² C. García Manrique, G. Salazar Vela y M. Sánchez. «Microescala en el laboratorio de Química Orgánica: síntesis de fenacetina». En: *Enseñanza de las Ciencias Extra* (2005), págs. 1-4.

³ J. Martínez Torregrosa y col. «La integración de los trabajos prácticos en la enseñanza de la química como investigación dirigida». En: *Educación química* 23 (2012), págs. 112-126.

⁴ F. León-Cedeño, M. Menes-Arzate y H. García-Ortega. «Síntesis de 5, 10, 15, 20-Tetrafenilporfirina y sus derivados metálicos. Experimento a microescala para el laboratorio de química orgánica heterocíclica». En: *Revista Cubana de Química* 18.2 (2006), págs. 140-143.

⁵ A. Melgar y col. «Un clásico de Química Orgánica en microescala y con fricción: la reacción de Cannizzaro». En: *Educación química* 21.2 (2010), págs. 178-182.

que dependerá del tipo y número de experiencias realizadas). Cabe señalar que las actividades experimentales en microescala permiten aplicar y profundizar los conceptos teóricos del mismo modo que la escala convencional. Debido a que en muchos casos la metodología requiere menores tiempos de reacción, esto permite promover la discusión de los resultados durante la práctica, favoreciendo el aprendizaje significativo.

Finalmente, este tipo de trabajo en microescala también aporta a la conciencia ambiental de los estudiantes fomentando el principio de las 3R: Reducir, Reciclar y Recuperar⁶.

Como consecuencia, la microescala es reconocida por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada, por la Sociedad Americana de Química (IUPAC y ACS respectivamente, por sus siglas en inglés) y por otras renombradas instituciones de la enseñanza y la investigación.

Existen más de diez millones de compuestos orgánicos organizados en relativamente pocas familias y cuyas reactividades pueden ser predichas si se conocen sus estructuras. Por esto, el aprendizaje de la Química Orgánica comienza con el estudio de las familias más sencillas pero que aportan los conceptos fundamentales. Los hidrocarburos son compuestos orgánicos constituidos solamente por carbono e hidrógeno, los cuales pueden clasificarse como saturados, insaturados y aromáticos. En particular, los hidrocarburos insaturados son de suma importancia debido a su reactividad, ya que es posible transformarlos en otras sustancias orgánicas.

En este marco, el presente trabajo propone la síntesis en microescala de dos hidrocarburos insaturados: isobuteno y fenilacetileno, y el estudio de sus propiedades químicas mediante su interacción con diferentes reactivos. El principal objetivo es aplicar en el laboratorio de Química Orgánica la técnica en microescala buscando motivar, formar e implicar a los

⁶ Ver ref. 5

12. Microescala - Funes y col.

estudiantes en metodologías amigables con el ambiente y la salud, concientizando sobre la relevancia de introducir nuevas técnicas de enseñanza teórico-experimental para educadores de química.

12.2 Objetivos

- Optimizar el trabajo experimental, aumentando la cantidad de actividades con los recursos disponibles.
- Aportar a la concientización ambiental de los estudiantes.
- Reducir la exposición a agentes químicos en las actividades de laboratorio.
- Obtener isobuteno mediante la deshidratación de ter-butanol en medio ácido.
- Obtener fenilacetileno a partir de vinilbenceno (estireno).
- Comprobar y comparar las propiedades químicas de los diferentes hidrocarburos a través de reacciones sencillas.

12.3 Materiales y reactivos

12.3.1 Material de laboratorio

- Balón de 25 mL
- Cabezal de destilación con salida lateral
- Pipetas pasteur
- Mangueras de látex
- Tapón de goma perforado
- Manta calefactora, termómetro (0-100 °C)
- Tubos de ensayo de 5 y 15 mL
- pipetas de 5 y 10 mL

12. Microescala - Funes y col.

- Probeta de 10 mL
- Gradillas
- Erlenmeyer de 20 mL

12.3.2 Reactivos

- *terc*-butanol ((CH₃)₃COH)
- Ácido sulfúrico (H₂SO₄)
- Agua de bromo (Br₂/H₂O)
- Bromo en tetracloruro de carbono (Br₂/CCl₄)
- Solución de permanganato de potasio (KMnO₄) al 1 % (reactivo de Baeyer)
- Vinil benceno (C₆H₅CH=CH₂)
- Sodio metálico (Na)
- Hidróxido de amonio (NH₄OH)
- Reactivo de Tollens (AgNO₃/NaOH/NH₃)

12.4 Métodos

12.4.1 Obtención de Isobuteno

Los alquenos no superiores a cuatro átomos de carbono pueden obtenerse puros a partir del petróleo (la fuente primaria de sustancias orgánicas a escala industrial), principalmente por deshidrogenación (eliminación) de alcanos en el proceso del cracking, mientras que los alquenos superiores se deben preparar por métodos alternativos.

En la presente propuesta se obtendrá isobuteno por deshidratación de un alcohol en presencia de un ácido y calor. La reacción de un alcohol con un ácido mineral requiere condiciones diferentes en función del tipo de alcohol que sufre la deshidratación. Alcoholes

12. Microescala - Funes y col.

primarios, como etanol y *n*-butanol, requieren temperaturas de trabajo superiores a 140 °C y cantidades en exceso de ácido sulfúrico concentrado (H₂SO₄). En cambio, en la presente propuesta se trabaja con un alcohol terciario que requiere temperatura entre 50-70 °C y menor cantidad H₂SO₄ para producir el alqueno correspondiente. El procedimiento para la síntesis (Figura 12.1) se detalla a continuación:

- Armar el equipo de síntesis sobre una manta calefactora y ubicar el balón de microescala fijándolo al soporte con una pinza metálica.
- Agregar 5 mL de *tert*-butanol al balón y 30 gotas de H₂SO₄ concentrado.
- Agitar y dejar en reposo durante 5 minutos (con el fin de favorecer la protonación del alcohol).
- Completar el armado del dispositivo incorporando el cabezal, adosando una manguera de latex a la salida lateral, un termómetro a la salida superior y ajustando éste último con un tapón de goma perforado. Sobre el extremo libre de la manguera ajustar una pipeta Pasteur.
- Calentar el balón manteniendo la temperatura entre 50-70 °C.
- En 3 tubos de 5 mL colocar 1 mL de cada reactivo de reconocimiento (Br₂/H₂O, Br₂/CCl₄, KMnO₄, AgNO₃/NaOH/NH₃) y permitir que el gas obtenido burbujee en cada uno de ellos.

12.4.2 Obtención de fenilacetileno

A excepción del caso particular de obtención del acetileno por medio de la hidratación del carburo de calcio (CaC₂), la síntesis de alquinos superiores implica básicamente dos procesos:

12. Microescala - Funes y col.

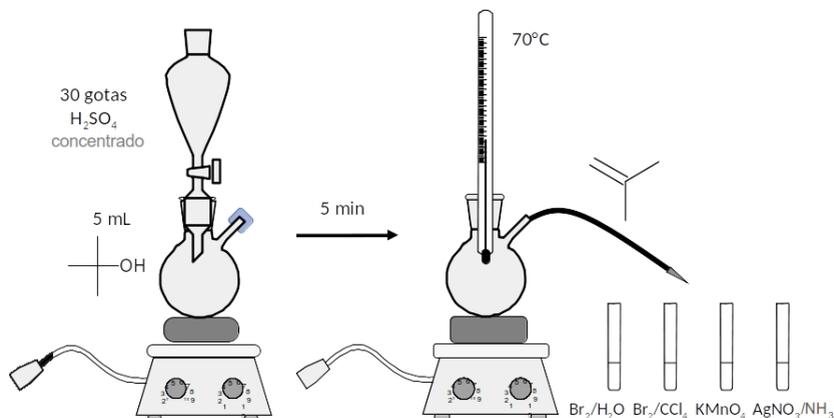


Figura 12.1. Equipo para obtención de isobuteno.

1. La generación de un triple enlace carbono-carbono, por medio de una deshidrohalogenación de dihalogenuros de alquilo.
2. La extensión de la cadena a partir de un alquino terminal.

En la presente propuesta, la obtención del fenilacetileno se realizará según el siguiente procedimiento que corresponde a la deshidrohalogenación de dihalogenuros de alquilo (Figura 12.2):

- Colocar 1 mL de vinilbenceno en un erlenmeyer de 20 mL, posteriormente adicionar 4 mL de solución de Br_2/CCl_4 (color rojiza) y agitar hasta decoloración. **Realizar la operación bajo campana.**
- Agregar 4 mL de NaNH_2 previamente preparado, tapar y agitar vigorosamente. Dado que el amiduro de sodio se encuentra en medio acuoso, se formarán dos fases inmiscibles.
- Trasvasar todo el contenido a un tubo de ensayos de 15 mL; dejar reposar 1 minuto.

12. Microescala - Funes y col.

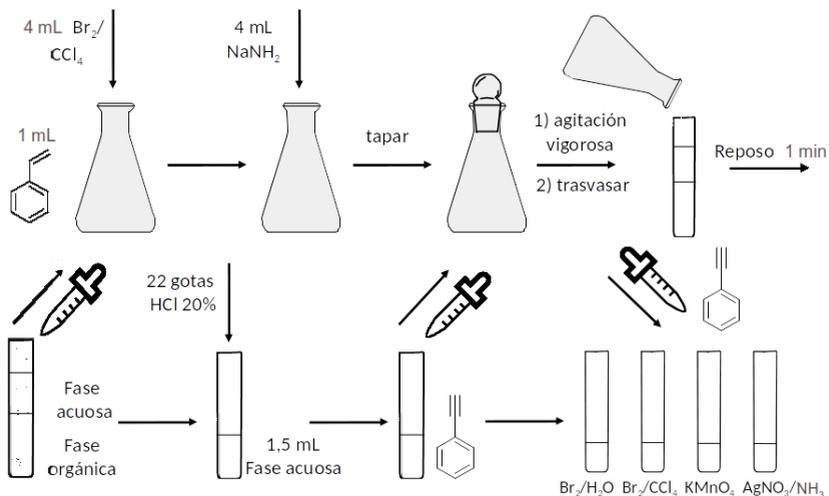


Figura 12.2. Procedimiento de la obtención de fenilacetileno.

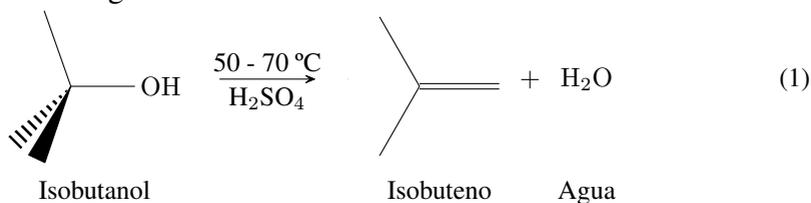
- Extraer con pipeta Pasteur la fase acuosa (superior) y llevarla a un tubo de ensayos de 15 mL.
- Trasvasar 1,5 mL de la fase acuosa a un tubo de ensayos de 5 mL, con pipeta Pasteur y adicionar 22 gotas de HCl 20 % y agitar (solución A).

Reacciones de reconocimiento:

- Trasvasar 0,5 mL de solución A a un tubo de ensayos de 5 mL y agregar 2 gotas de Reactivo de Tollens.
- Trasvasar 0,5 mL de solución A a un tubo de ensayos de 5 mL y agregar 2 gotas de Reactivo de Baeyer.
- A un tubo de ensayos que contenga 0,5 mL de $\text{Br}_2/\text{H}_2\text{O}$ previamente medidos agregar 2-3 gotas de solución A.
- A un tubo de ensayos que contenga 0,5 mL de Br_2/CCl_4 previamente medidos agregar 2-3 gotas de solución A.

12.5 Resultados y discusión.

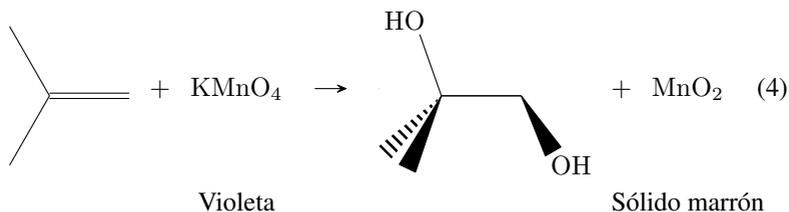
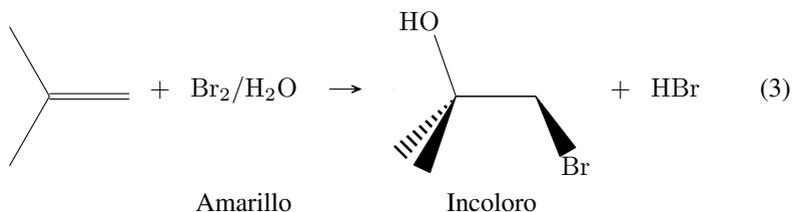
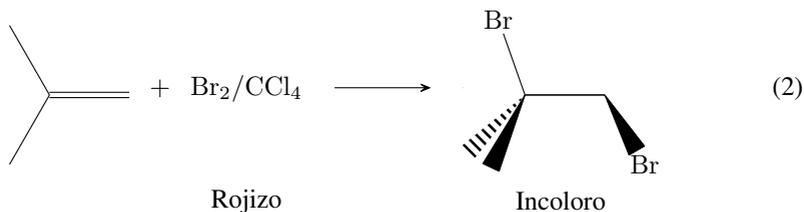
La obtención de alquenos a partir de alcoholes primarios en escala convencional, requiere un estricto control de la temperatura para evitar la formación de subproductos. Por ejemplo, el *n*-butanol en medio ácido necesita una temperatura de al menos 140 °C para la formación del alqueno correspondiente mediante eliminación, dado que a temperaturas menores se favorece la reacción de sustitución que conduce a la formación de éteres. Sin embargo, la obtención de isobuteno se puede realizar en condiciones energéticamente más suaves (50 - 70 °C) y con una concentración menor de ácido. En este caso la deshidratación de un alcohol terciario protonado permite obtener un carbocatión terciario como intermediario de la reacción, lo que requiere una energía de activación menor que para alcoholes primarios o secundarios. Por otra parte, la competencia que existe entre el mecanismo de eliminación y de sustitución nucleofílica, mediante la vía de un intermediario carbocatiónico, en este caso particular resulta impedida estéricamente, lo que favorece mayoritariamente la formación del isobuteno. La ecuación química siguiente representa la reacción global:



El isobuteno, al igual que todos los alquenos, reacciona frente a un variado grupo de reactivos con los que puede ser caracterizado. Así, puede ponerse de manifiesto la presencia del doble enlace mediante el mecanismo de adición electrofílica, tal como la adición de bromo (disuelto en agua o en tetracloruro de carbono – ec. 2 y 3, respectivamente), o por medio de reacciones de oxidación, como la que ocurre en presencia del anión permanganato (reactivo

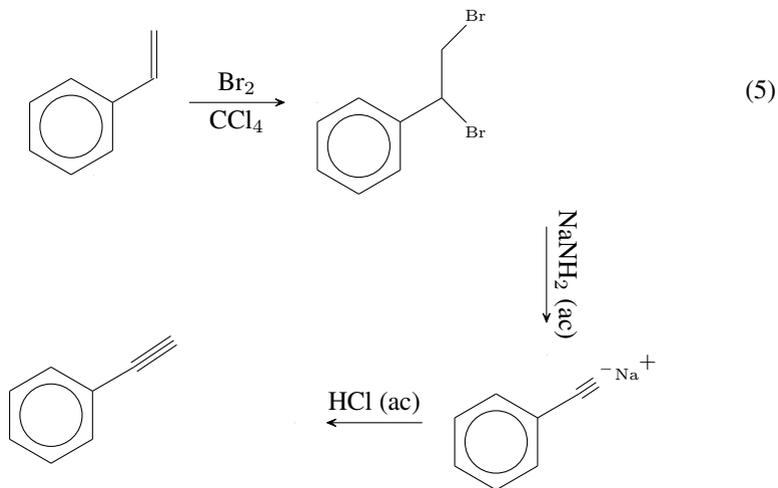
12. Microescala - Funes y col.

de Baeyer – ec. 4). Las reacciones de caracterización son las siguientes:

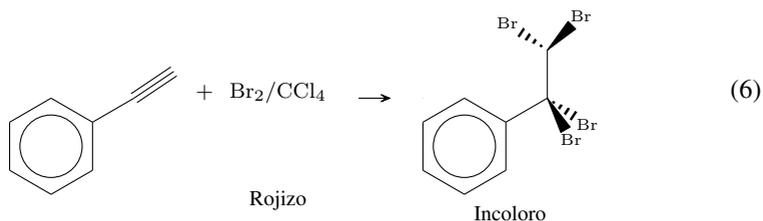


El fenilacetileno se obtiene por medio de una síntesis orgánica a través de una secuencia de reacciones: 1) halogenación de un alqueno, 2) doble deshidrohalogenación de un dihalogenuro de alquilo vecinal y 3) transformación de una sal orgánica, en el ácido orgánico correspondiente, por acción de un ácido mineral (ec. 5).

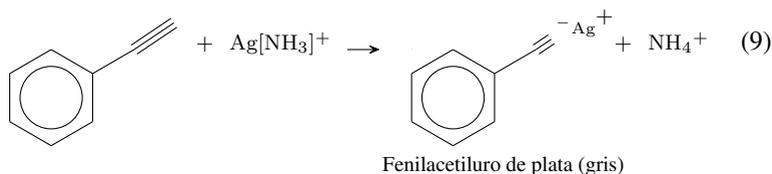
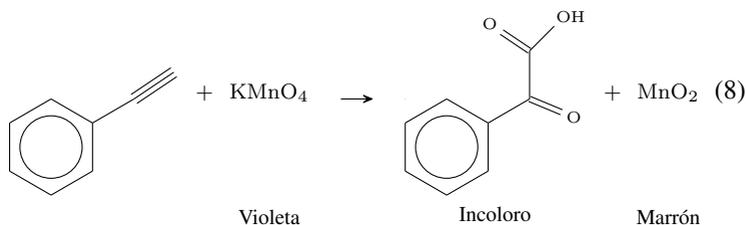
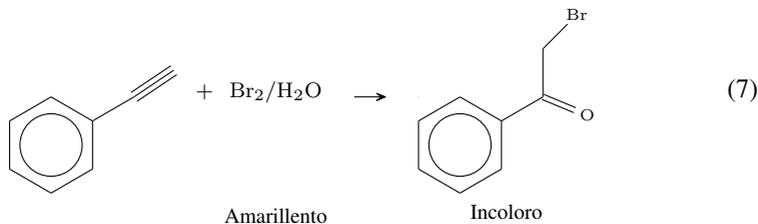
12. Microescala - Funes y col.



Al igual que los alquenos, los alquinos reaccionan frente a un variado grupo de reactivos con los que pueden ser caracterizados; así, puede ponerse de manifiesto la presencia del triple enlace mediante el mecanismo de adición electrofílica, tal como la adición de bromo (disuelto en agua o en tetracloruro de carbono, ec. 6 y 7 respectivamente), o por medio de reacciones de oxidación, como la que ocurre en presencia del anión permanganato (reactivo de Baeyer – ec. 8). Finalmente, los alquinos terminales presentan cierta acidez que se evidencia al hacerlos reaccionar con sales de metales pesados, como el nitrato de plata amoniacal (Reactivo de Tollens – ec. 9). Las reacciones de caracterización son las siguientes:



12. Microescala - Funes y col.



NOTA: Preparación de reactivos.

- Br_2/CCl_4 : agregar 0,1 mL de bromo en 10 mL de tetracloruro de carbono, bajo campana. Conservar a 4 °C en frasco color caramelo a resguardo de la luz.
- $\text{Br}_2/\text{H}_2\text{O}$: agregar 2 mL de solución Br_2/CCl_4 en 10 mL de agua destilada; agitar vigorosamente y conservar a 4 °C en frasco color caramelo a resguardo de la luz.
- Reactivo de Tollens: preparar una solución de AgNO_3 al 5 % en agua destilada, agregar 2 gotas de NaOH 30 % y adicionar solución de NH_3 25-30 % hasta disolución. **Esta solución no debe conservarse por más de 10 h.** Conservar en frasco color caramelo.

12. Microescala - Funes y col.

- Reactivo de Baeyer: preparar una solución de KMnO_4 al 1 % en agua destilada.
- Preparación de amiduro de sodio (NaNH_2): colocar, bajo campana, 4 mL de solución de NH_3 concentrado en un erlenmeyer de 20 mL y agregar 3 pequeñas porciones de sodio metálico (punta de espátula), de a una por vez. En cada agregado de metal dejar en reposo unos minutos para permitir la liberación del hidrógeno desprendido, lo que se hará evidente por la formación de pequeñas burbujas; agitar suavemente para asegurarse que el metal ha reaccionado completamente.

PRECAUCION: La formación del amiduro de sodio es exotérmica y genera hidrógeno que puede dar origen a una llama y proyectarse.

12.6 Conclusiones

Las prácticas de laboratorio seleccionadas para la obtención de hidrocarburos insaturados y su adaptación a microescala representan una alternativa metodológica a la enseñanza de la Química Orgánica en carreras universitarias, conservando la profundidad de los conceptos teóricos que se aplican. Los materiales y equipamiento requeridos se reducen, como así también el consumo de reactivos y la generación de residuos para cada reacción propuesta, contribuyendo a formar en los alumnos conciencia sobre el cuidado del ambiente y a generar actitudes de conservación en su futura práctica profesional.

13. El cálculo algebraico del pH y el manejo de las aproximaciones en soluciones acuosas simples.

C. O. Soria^a.

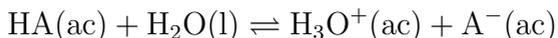
Palabras clave: pH, álgebra, aproximaciones.

En estos desarrollos se ha intentado mantener la línea de calcular siempre $[H_3O^+]$ ya que esta conduce directamente al pH, definido éste como $pH = -\log[H_3O^+]$. En la mayoría de los casos se llega a una ecuación cúbica, que si bien puede resolverse directamente en algunas calculadoras, resulta muy instructivo discutir las aproximaciones que deben hacerse para reducir el grado. Esto implica analizar las condiciones de la situación problemática que se presenta. Debe recordarse que estos desarrollos son válidos para soluciones relativamente diluidas, donde las concentraciones sean menores a 1 M. Alternativamente, cuando se trata de soluciones alcalinas se pueden usar las ecuaciones y soluciones halladas sustituyendo C_a , K_a y $[H_3O^+]$ por C_b , K_b y $[OH^-]$ ¹, respectivamente. En tal caso debe recordarse que $pH = 14 - pOH$.

Consideremos los siguientes casos

A: Para un ácido HA disuelto en agua, con una concentración analítica C_a y una constante de disociación K_a , tendremos:

1. Los equilibrios involucrados, con sus constantes correspondientes:



^aFacultad de Ingeniería-Departamento de Química- Universidad Nacional del Comahue.

Carlos Orlando Soria - carlos.soria@fain.uncoma.edu.ar

¹ Recordar que la especie *hidróxido* (HO^-) se escribe con la carga negativa sobre el átomo de oxígeno. O así debiera ser.

13. El cálculo algebraico del pH - Soria

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad (13.1)$$



$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{HO}^-] \quad (13.2)$$

2. El balance de masa (b.m.): la suma de las concentraciones de las especies que contienen a A debe ser igual a la concentración analítica:

$$C_a = [\text{HA}] + [\text{A}^-] \quad (13.3)$$

3. El balance de carga (b.c.): la suma de las concentraciones de las especies con carga positiva debe ser igual a la suma de las concentraciones de las especies con carga negativa. Esto garantiza la electroneutralidad de las soluciones.

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{A}^-] + [\text{HO}^-] \quad (13.4)$$

De 13.3 se tiene $[\text{HA}] = C_a - [\text{A}^-]$ y sustituyendo en 13.1 se obtiene, al reordenar,

$$K_a(C_a - [\text{A}^-]) = K_a C_a - K_a [\text{A}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]$$

de donde resulta

$$[\text{A}^-] = \frac{K_a C_a}{([\text{H}_3\text{O}^+] + K_a)}$$

Reemplazando en 13.4 obtendremos

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_a C_a}{([\text{H}_3\text{O}^+] + K_a)} + \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$$

13. El cálculo algebraico del pH - Soria

donde se usó también 13.2. Operando se obtiene

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_a C_a [\text{H}_3\text{O}^+] + K_w [\text{H}_3\text{O}^+] + K_a K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]^2 + K_a [\text{H}_3\text{O}^+]}$$

y a partir de ésta la expresión general

$$\boxed{[\text{H}_3\text{O}^+]^3 + K_a [\text{H}_3\text{O}^+]^2 - (K_a C_a + K_w) [\text{H}_3\text{O}^+] - K_a K_w = 0} \quad (13.5)$$

Caso I: Ácidos fuertes (totalmente disociados, con $K_a \gg \gg [\text{H}_3\text{O}^+]$)

Si dividimos 13.5 por K_a

$$\frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^3}{K_a} + [\text{H}_3\text{O}^+]^2 - \left(C_a + \frac{K_w}{K_a} \right) [\text{H}_3\text{O}^+] - K_w = 0 \quad (13.6)$$

y despreciamos los términos no significativos, aquellos divididos por K_a la expresión 13.6 se reduce a

$$[\text{H}_3\text{O}^+]^2 - C_a [\text{H}_3\text{O}^+] - K_w = 0$$

cuya solución es, usando Bashkara,

$$\boxed{[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{C_a \pm \sqrt{C_a^2 + 4K_w}}{2}} \quad (13.7)$$

No obstante, dentro de este caso pueden ocurrir

I.a: Si $C_a^2 \gg \gg K_w$ la expresión 13.7 se reduce a

$$\boxed{[\text{H}_3\text{O}^+] = C_a} \quad (13.8)$$

Aquí debe tomarse el signo de la raíz como positivo cuando $C_a^2 \gg \gg K_w$, ya que de otro modo podría obtenerse $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0$. Así, para una solución 0,1 M en HCl la $[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,1\text{M}$ y

13. El cálculo algebraico del pH - Soria

consecuentemente $\text{pH} = 1$.

I.b: Si $C_a^2 \approx K_w$ la expresión 13.7 debe usarse completa.

Un caso genérico ocurre cuando, por ejemplo, tuviésemos una solución de HCl 10^{-8} M. Con frecuencia se tiende a aplicar la expresión 13.8 resultando en una contradicción al hallar *un pH alcalino para una solución ácida*. En cambio, si usamos 13.7 nos conduce a $\text{pH} = 6,67$.

I.c: Si $C_a = 0$ la expresión 13.7 es simplemente

$$\boxed{[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_w}} \quad (13.9)$$

como corresponde al caso del agua pura.

Caso II: Ácidos débiles (poco disociados, con $K_a \leq 10^{-5}$)

La expresión 13.5 se reduce, despreciando $K_a K_w$ y dividiendo por $[\text{H}_3\text{O}^+]$, a

$$[\text{H}_3\text{O}^+]^2 + K_a[\text{H}_3\text{O}^+] - (K_a C_a + K_w) = 0$$

cuya solución general es

$$\boxed{[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{-K_a + \sqrt{K_a^2 + 4(K_a C_a + K_w)}}{2}} \quad (13.10)$$

con las siguientes consideraciones:

13. El cálculo algebraico del pH - Soria

II.a: Si $(K_a C_a) \gg K_w$ la expresión 13.10 se reduce a

$$\boxed{[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{-K_a + \sqrt{K_a^2 + 4K_a C_a}}{2}} \quad (13.11)$$

Por ejemplo, una solución ácido acético (HAc, $K_a = 1,8 \times 10^{-5}$) 0,1 M dará un $\text{pH} = 2,87$.

II.b: Si K_a toma valores entre $10^{-8} - 10^{-10}$, para concentraciones moderadamente altas, la expresión 13.10 se reduce a

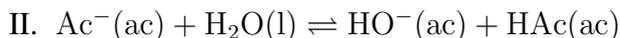
$$\boxed{[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_a C_a}} \quad (13.12)$$

Una solución de ácido cianhídrico (HCN, $K_a = 4,9 \times 10^{-10}$) 0,1 M dará un $\text{pH} = 5,15$.

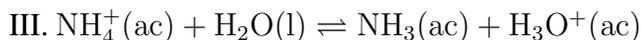
II.c: Si $C_a = 0$ la expresión 13.10 se reduce a

$$\boxed{[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_w}} \quad (13.13)$$

B: Para el caso de una sal 1:1 disuelta en agua, con una concentración C_s , cuyo catión (o anión) puedan estar relacionados con bases (o ácidos) débiles, formulamos:



$$K_{b'} = \frac{[\text{HO}^-][\text{HAc}]}{[\text{Ac}^-]} \quad (13.14)$$



13. El cálculo algebraico del pH - Soria

$$K_{a'} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} \quad (13.15)$$

Para el ejemplo I podemos considerar que la reacción está totalmente desplazada hacia la derecha ($K_{\text{eq}} \rightarrow \infty$) y la presencia de ambos iones no modifica el valor del pH. Esto no sucede con los ejemplos II y III debido al fenómeno llamado *hidrólisis*, y la particularidad es que las constantes de hidrólisis asociadas, $K_{b'}$ y $K_{a'}$ están relacionadas con las respectivas K_a y K_b de las especies conjugadas, aunque son mucho mas pequeñas en valor. Por caso, tenemos que

$$K_{b'} = \frac{[\text{HO}^-][\text{HAc}]}{[\text{Ac}^-]} = \frac{[\text{HO}^-][\text{HAc}] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{Ac}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{K_w}{K_a}$$

donde se ha introducido $[\text{H}_3\text{O}^+]$ para establecer las vinculaciones.

A) Podemos usar las expresiones para ácidos (o bases) débiles ya vistas, o reiniciar los balances. En esta última situación, por ejemplo, para NaAc de concentración C_s , y usando las expresiones de $K_{b'}$ y K_w tendremos:

- b.m.

$$C_s = [\text{HAc}] + [\text{Ac}^-]$$

- b.c.

$$[\text{H}_3\text{O}^+] + [\text{Na}^+] = [\text{Ac}^-] + [\text{OH}^-] \text{ con } [\text{Na}^+] = C_s$$

Eliminando $[\text{HAc}]$ entre el b.m. y la expresión de K_a se tiene:

$$[\text{Ac}^-] = \frac{C_s K_a}{[\text{H}_3\text{O}^+] + K_a}$$

Sustituyendo en el b.c. tendremos

13. El cálculo algebraico del pH - Soria

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{C_s K_a}{[\text{H}_3\text{O}^+] + K_a} + \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]} - C_s$$

de donde se obtiene

$$\boxed{[\text{H}_3\text{O}^+]^3 + (C_s + K_a)[\text{H}_3\text{O}^+]^2 - K_w[\text{H}_3\text{O}^+] - K_a K_w = 0} \quad (13.16)$$

Si consideramos que la solución resultante tiene carácter alcalino podemos despreciar el término cúbico, y como además $C_s > K_a$, al dividir por C_s

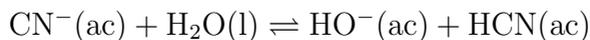
$$\boxed{[\text{H}_3\text{O}^+]^2 - \frac{K_w}{C_s}[\text{H}_3\text{O}^+] - \frac{K_a K_w}{C_s} = 0}$$

cuya solución es

$$\boxed{[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{\frac{K_w}{C_s} + \sqrt{\left(\frac{K_w}{C_s}\right)^2 + 4\frac{K_a K_w}{C_s}}}{2}}$$

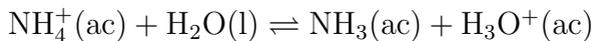
Por ejemplo, para una solución 0,01 M en NaAc se tiene que $[\text{H}_3\text{O}^+] = 4,26 \times 10^{-9} \text{M}$ y $\text{pH} = 8,37$.

B) Puede ocurrir que ambos componentes de la sal experimenten hidrólisis en agua, tal como NH_4CN ; los equilibrios son

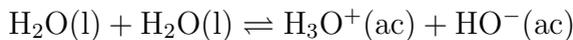


$$K_{b'} = \frac{[\text{HO}^-][\text{HCN}]}{[\text{CN}^-]} = 1,7 \times 10^{-4} \quad (13.17)$$

13. El cálculo algebraico del pH - Soria



$$K_{a'} = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = 5,6 \times 10^{-10} \quad (13.18)$$



$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{HO}^-] = 1 \times 10^{-14} \quad (13.19)$$

donde $K_{a'}$ y $K_{b'}$ se refieren, respectivamente, a NH_4^+ y CN^- .

Los balances de masa y carga serán

■ b.m.

$$C_s = [\text{NH}_4^+] + [\text{NH}_3] = [\text{CN}^-] + [\text{HCN}]$$

■ b.c.

$$[\text{H}_3\text{O}^+] + [\text{NH}_4^+] = [\text{CN}^-] + [\text{OH}^-]$$

Operando con el balance de masa y las constantes de equilibrio, podemos sustituir en la ecuación de electroneutralidad

$$\begin{aligned} [\text{H}_3\text{O}^+] &= [\text{CN}^-] + [\text{OH}^-] - [\text{NH}_4^+] = \\ &= \frac{K_w C_s}{K_w + K_{b'}[\text{H}_3\text{O}^+]} + \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]} - \frac{C_s[\text{H}_3\text{O}^+]}{K_{a'} + [\text{H}_3\text{O}^+]} \end{aligned}$$

que conduce al siguiente polinomio, de grado 4 en $[\text{H}_3\text{O}^+]$

$$\begin{aligned} K_{b'}[\text{H}_3\text{O}^+]^4 + (C_s K_{b'} + K_{a'} K_{b'}) [\text{H}_3\text{O}^+]^3 + (K_{a'} K_w \\ - K_{b'} K_w) [\text{H}_3\text{O}^+]^2 + (K_{a'} K_{b'} K_w - K_w^2 - C_s K_{a'} K_w) [\text{H}_3\text{O}^+] \\ - K_{a'} K_w^2 = 0 \end{aligned}$$

que puede reducirse, despreciando los infinitésimos y dividiendo por $[\text{H}_3\text{O}^+]$ y $K_{b'}$, a

$$[\text{H}_3\text{O}^+]^3 + C_s [\text{H}_3\text{O}^+]^2 - K_w [\text{H}_3\text{O}^+] - \frac{C_s K_{a'} K_w}{K_{b'}} = 0$$

13. El cálculo algebraico del pH - Soria

Dado que parte de los H_3O^+ producidos por NH_4^+ serán neutralizados por los HO^- generados por CN^- ($K_{b'} = 1,7 \times 10^{-4}$), es de esperar que $[\text{H}_3\text{O}^+]$ sea baja, con lo cual podemos despreciar el término cúbico. Luego de dividir por C_s tendremos

$$[\text{H}_3\text{O}^+]^2 + \frac{K_w[\text{H}_3\text{O}^+]}{C_s} - \frac{K_{a'}K_w}{K_{b'}} = 0$$

cuya solución es

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{-\frac{K_w}{C_s} + \sqrt{\left(\frac{K_w}{C_s}\right)^2 + 4\frac{K_{a'}K_w}{K_{b'}}}}{2}$$

Si despreciamos los términos que contienen C_s , se reduce a

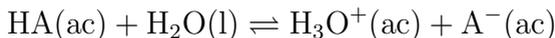
$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{\frac{K_{a'}K_w}{K_{b'}}}$$

Así, una solución de NH_4CN 0,1 M tendrá $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,81 \times 10^{-10}$ y $\text{pH} = 9,74$, los cuales son una buena aproximación para ese caso y para concentraciones de sal por encima de 1×10^{-4} M. Similarmente, una solución de NH_4Ac ($K_{a'} = K_{b'}$) 0,1 M tendrá $[\text{H}_3\text{O}^+] = 1,0 \times 10^{-7}$ y $\text{pH} = 7$. En este último caso es de notar que el pH será siempre el mismo, independientemente del valor de la concentración.

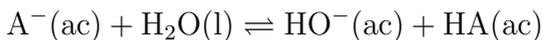
C) Una situación especial aparece cuando se consideran las mezclas de un ácido débil y una sal que tenga el anión común, o una base débil y una sal que contenga el catión común. Estas mezclas originan los llamados sistemas reguladores, amortiguadores o *buffers*. Consideremos entonces un ácido débil monoprotónico HA ($C_a; K_a$) mezclado con una sal soluble MeA ($C_s; K_{b'}$), donde Me es

13. El cálculo algebraico del pH - Soria

un metal alcalino o uno que no experimente hidrólisis, a diferencia del anión común A^- . Los equilibrios involucrados son:



$$K_a = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]} = 1,8 \times 10^{-5}$$



$$K_{b'} = \frac{[HO^-][HA]}{[A^-]} = 5,6 \times 10^{-10}$$

y



$$K_w = [H_3O^+][HO^-] = 1 \times 10^{-14}$$

Nota: tómese en cuenta que en un sistema complejo como éste, para alcanzar una situación de estabilidad *deben cumplirse todos los equilibrios planteados*.

Si consideramos que los dos primeros equilibrios están acoplados de alguna manera debido a que la sal es un componente soluble y por efecto de ión común reprimirá la disociación del ácido desplazando su equilibrio hacia el ácido sin disociar. Del mismo modo, aunque la hidrólisis del anión debería ocurrir en pequeña extensión, la alta concentración de ácido sin disociar hará que la misma prácticamente no ocurra. Luego los balances de masa y carga son

■ b.m.

$$C_a + C_s = [HA] + [A^-] \text{ y también } C_s = [Me^+]$$

■ b.c.

$$[H_3O^+] + [Me^+] = [A^-] + [OH^-]$$

13. El cálculo algebraico del pH - Soria

y operando como en los casos previos se llega a

$$[\text{H}_3\text{O}^+]^3 + (\text{C}_s + \text{K}_a) [\text{H}_3\text{O}^+]^2 - (\text{C}_a \text{K}_a) [\text{H}_3\text{O}^+] - \text{K}_a \text{K}_w = 0$$

Si dividimos por $[\text{H}_3\text{O}^+]$ y despreciamos el último término se tiene

$$[\text{H}_3\text{O}^+]^2 + (\text{K}_a + \text{C}_s) [\text{H}_3\text{O}^+] - \text{K}_a \text{C}_a = 0$$

cuya solución es

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{-(\text{K}_a + \text{C}_s) + \sqrt{(\text{K}_a + \text{C}_s)^2 + 4\text{K}_a \text{C}_a}}{2}$$

Aquí no es posible hacer mas simplificaciones ya que tanto C_a como C_s deben ser altas, y además estar al menos dentro de los rangos 1:10 a 10:1 entre sí.

Luego, una mezcla HAc/NaAc con $\text{C}_a = \text{C}_s = 0,1 \text{ M}$ dará $[\text{H}_3\text{O}^+] = 3,6 \times 10^{-6} \text{ M}$ y $\text{pH} = 4,74$.

14. Contaminación ambiental: Evaluación de dos tóxicos presentes en la Patagonia Argentina.

M. D. Ligüera^a, A. Ferrari^{b,c}, O. L. Anguiano^{a,b}.

Palabras clave: arsénico, metilazinfos, contaminación ambiental, educación, motivación.

14.1 Presentación de la propuesta pedagógica

Esta propuesta pedagógica surge a partir del trabajo de investigación: “Alteración de marcadores bioquímicos en *Hyaella curvispina* por la exposición a metilazinfos, a arsénico y a una combinación de ambos tóxicos”, correspondiente a la tesis de la estudiante María Daniela Ligüera para alcanzar el título de grado de Profesora en Química de la Universidad Nacional del Comahue.

Previo a la realización de la presente propuesta pedagógica la docente Ligüera hará referencia de su trabajo de tesis e introducirá los temas a desarrollar en las actividades propuestas integrando conceptos trabajados en diferentes disciplinas como Química, Biología, Geografía, Inglés, entre otras. Durante el transcurso de la presentación se tratará de promover la participación de los estudiantes a partir de interrogantes que surjan de cada diapositiva. El objetivo de esta presentación es motivar la interacción docente-alumno para evaluar las ideas previas que poseen los

^aFacultad de Ingeniería-Departamento de Química- Universidad Nacional del Comahue.

^b Grupo de Biotecnología Ambiental, PROBIEN (CONICET-UNCo), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue, Buenos Aires 1400, 8300 Neuquén, Argentina.

^c Facultad de Ciencias Médicas- Universidad Nacional del Comahue.

Olga Liliana Anguiano - languiano10@gmail.com

estudiantes y despertar el interés por las actividades propuestas (ver Anexo 2).

14.2 Fundamentación

Considerando la contaminación ambiental como eje transversal, surge esta propuesta pedagógica para trabajar en distintas áreas del conocimiento. Los destinatarios de este trabajo son los estudiantes de diferentes niveles de escuelas de enseñanza media y el docente de cada asignatura decidirá qué actividad o actividades podrá desarrollar con un grupo determinado de estudiantes que dependerá de los conocimientos previos de los mismos.

Propósitos

- Promover el uso del lenguaje químico y el concepto de reacciones químicas.
- Promover el trabajo en grupo y colaborativo, la discusión y el intercambio entre pares, la autonomía de los alumnos y el rol del docente como orientador y facilitador del trabajo.
- Estimular la búsqueda y selección crítica de información proveniente de diferentes soportes.
- Incentivar la interpretación de procesos cotidianos relacionados con la química y de los procesos que estudia.
- Concientizar a los estudiantes sobre el cuidado del medioambiente.

14.3 Introducción

Numerosos contaminantes como plaguicidas y metales pesados, entre otros, pueden inducir estrés oxidativo por la formación de radicales libres y/o la alteración del sistema antioxidante^{1,2,3,4}. En esta propuesta se trabajará la contaminación ambiental a partir de dos tóxicos prooxidantes, As y metilazinfos, para lo cual se aplicarán conocimientos desarrollados en distintas asignaturas pertenecientes a las ciencias sociales y naturales.

14.4 Objetivos

Que los alumnos:

- Valoren el cuidado del medioambiente como sujetos responsables.
- Entiendan conceptos fundamentales relacionados con la contaminación ambiental.
- Tomen conciencia de los efectos adversos de la contaminación en la salud humana, la vida silvestre y el ecosistema en general.
- Reconozcan las propiedades periódicas de los elementos.

¹ O. Anguiano y col. «Acute toxicity and biochemical effects of azinphos methyl in the amphipod *Hyaella curvispina*». En: *Environmental Toxicology* 29.9 (2014), págs. 1043-1053.

² S. J. S. Flora y col. «Arsenic induced oxidative stress and the role of antioxidant supplementation during chelation: A review». En: *Journal of environmental biology / Academy of Environmental Biology, India* 28 (mayo de 2007), págs. 333-47.

³ S. J. S. Flora. «Arsenic-induced oxidative stress and its reversibility». En: *Free Radical Biology and Medicine* 51.2 (2011), págs. 257-281. ISSN: 0891-5849.

⁴ A. Ferrari y col. «Antioxidant responses to azinphos methyl and carbaryl during the embryonic development of the toad *Rhinella (Bufo) arenarum* Hensel». En: *Aquatic Toxicology* 93.1 (2009), págs. 37-44.

14. Contaminación ambiental - Ligüera y col.

- Identifiquen reacciones de oxidación-reducción, redox, en el metabolismo celular.
- Integren conceptos relacionados con el enlace químico.
- Comprendan el rol de la enzima acetilcolinesterasa en la sinapsis nerviosa.

Actividad I

Formar grupos de hasta 4 estudiantes para trabajar la propuesta didáctica.

1. Leer atentamente, analizar y discutir el siguiente comunicado de prensa de la Organización Mundial de la Salud, OMS, publicada en su sitio ⁵.

a) Describir la idea principal del artículo.

b) ¿Qué conclusiones pueden sacar del mismo?

Ahora trabajaremos, en particular, con el metaloide As y el insecticida metilazinfos.

2. Ubique el elemento As en la tabla periódica e investigue sus propiedades físicas y químicas.
3. Mencione usos y aplicaciones del As.
4. Resuma diferencias y semejanzas entre los elementos que pertenecen al mismo grupo que el As. Para los puntos 3 y 4 les sugerimos utilizar la tabla periódica de la Royal Society of Chemistry para trabajar con la profesora de inglés⁶.

⁵ <https://www.unenvironment.org/es/news-and-stories/comunicado-de-prensa/onu-medio-ambiente-y-la-oms-enfrentaran-unidos-los-riesgos>

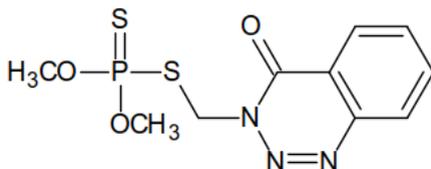
⁶ <http://www.rsc.org/periodic-table/>

14. Contaminación ambiental - Ligüera y col.

5. ¿Cuáles son los efectos tóxicos del As? ¿Qué es el Hidroarsenicismo Crónico Regional Endémico (HACRE)?
6. Elabore un mapa que muestre la distribución del As en la República Argentina.

Actividad II

7. ¿Qué es un plaguicida? ¿Qué es un insecticida?
8. ¿Conoce algún plaguicida?
9. ¿Cuáles son los más utilizados en la región del Valle de Rio Negro y Neuquén?
10. El insecticida metilazinfos, ha sido intensamente utilizado en nuestra región.



A partir de su estructura química:

- a) Escriba la fórmula molecular condensada del metilazinfos.
- b) ¿Cuántos anillos bencénicos hay en la molécula?
- c) ¿Cuántos enlaces doble posee la molécula?
- d) ¿Qué estado de oxidación presenta el fósforo en la molécula?
- e) Indique cuántos pares solitarios de electrones tienen los átomos de oxígeno, de azufre y de nitrógeno.

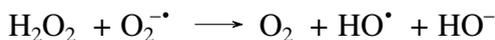
- f) ¿Cuál es la hibridación propuesta para un átomo de carbono en el anillo bencénico presente en la estructura del insecticida?
- g) Prediga el ángulo de enlace S–C–N.
- h) ¿Cuántas funciones químicas reconocen en la molécula de metilazinfos?
- i) Proponga la hibridación para el átomo de nitrógeno en –N=N– y para el nitrógeno que presenta enlaces simples.

Actividad III

La etapa final de la cadena respiratoria es la reducción de una molécula de oxígeno por la cesión de cuatro electrones. Si la reducción del oxígeno no es completa se forman productos tóxicos, con acción deletérea sobre las biomoléculas como ADN, proteínas, ácidos grasos, etc. Estos productos tóxicos son las *especies reactivas de oxígeno*, EROs, que comprenden al peróxido de hidrógeno, H₂O₂, y a los radicales libres superóxido, O₂^{•-}, e hidroxilo, OH[•] (Blanco, 2004).

11. Define qué es un radical libre.

12. Dada la siguiente reacción:



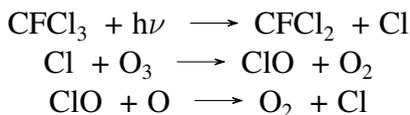
- a) Identifica los radicales libres presentes.
- b) Escribe la estructura de Lewis para el peróxido de hidrógeno. ¿Es un radical libre?
- c) Clasifica la reacción química.
- d) Determina los estados de oxidación de cada una de las especies químicas participantes.

14. Contaminación ambiental - Ligüera y col.

13. Para minimizar los efectos perjudiciales de las EROs, los organismos aeróbicos desarrollaron una efectiva defensa antioxidante enzimática y no enzimática. Investigue sobre el sistema antioxidante celular.
14. ¿Conoce algún antioxidante natural? Elabore una tabla con los antioxidantes naturales y sus fuentes de obtención más comunes.
15. Una de las principales enzimas antioxidantes es la enzima superóxido dismutasa la cual cataliza la dismutación del radical libre anión superóxido de acuerdo a la siguiente reacción:



- a) Defina que es una enzima.
- b) Investigue la importancia de la enzima superóxido dismutasa en el metabolismo celular.
- c) ¿Qué es una reacción de dismutación o desproporción?
- d) Asigne los estados de oxidación para cada una de las especies químicas.
- e) Identifique cuál especie se oxida y cuál se reduce.
16. Una de las consecuencias de la contaminación del aire es la destrucción de la capa de ozono en la estratosfera. La misma se produce a partir de los clorofluorocarbonos (CFC) de acuerdo a las siguientes reacciones:⁷



⁷ M. Fisher. *La capa de ozono. La tierra en peligro*. McGraw Hill, 1993.

14. Contaminación ambiental - Ligüera y col.

- a) Escriba las estructuras de Lewis de las siguientes especies químicas: O_3 , $CFCl_3$, $CFCl_2$ y ClO .
- b) Identifique los radicales libres presentes en las reacciones químicas de la destrucción de la capa de Ozono.

Actividad IV

El 20 de marzo de 1995 el mundo se sobresaltó al conocer la terrible noticia del atentado con gas venenoso Sarín en el metro de Tokio. Se trató de un ataque perpetrado por la secta de la Verdad Suprema.⁸ El sarín es un compuesto organofosforado que al igual que los insecticidas carbamatos debe su acción tóxica a la inhibición de la enzima acetilcolinesterasa (AChE)⁹.

17. Todos los compuestos organofosforados derivan del ácido fosfórico. Escriba la estructura general que los identifica.
18. Indique en una tabla los insecticidas organofosforados y carbamatos más utilizados hoy en día en la República Argentina.
19. Describa brevemente la sinapsis nerviosa.
20. ¿Cuál es el papel de la enzima AChE?
21. ¿Cuáles son los efectos producidos por la inhibición de esta enzima?

⁸ <https://japon-secreto.com/aniversario-gas-sarin-metro-tokio/>

⁹ L.G. Costa. «Basic toxicology of pesticides». En: *Occupational medicine (Philadelphia, Pa.)* 12 (abr. de 1997), págs. 251-68. DOI: 10.1016/B978-0-12-801238-3.00208-7.

15. Los elementos químicos nos invaden.

V. A. Rodríguez-Ameijide^a, N. Gómez Sbrolla^a.

Palabras clave: Elementos químicos, Alimentos, Anemia, Tabla periódica, Secuencia Didáctica.

15.1 Introducción

Todos los materiales que nos rodean, e incluso nosotros mismos, estamos constituidos por sustancias químicas. El aire que respiramos, el suelo que pisamos, la comida que consumimos, la ropa que vestimos, las medicinas que nos curan, el Sol, los planetas. . . *¡Todo es química!*

Toda la materia está formada por unidades fundamentales denominadas átomos. Actualmente sabemos que existen 118 tipos de átomos diferentes, de los cuales 88 se encuentran en la naturaleza. Los átomos son la base de los elementos químicos, haciendo referencia a éstos como una sustancia pura formada por un solo tipo de átomo que tienen la particularidad de que no pueden descomponerse en sustancias más simples. Los elementos químicos se simbolizan por *símbolos químicos* (abreviatura de una o dos letras) y se encuentran organizados en la *tabla periódica* de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas. Las cantidades de ciertos elementos que forman parte de los seres vivos (bioelementos) son cruciales para el crecimiento y funcionamiento adecuados de nuestro organismo, así pues, niveles bajos de hierro pueden ocasionar anemia, en tanto que la falta de yodo puede causar hipotiroidismo y bocio^{1,2}.

^aFacultad de Ingeniería-Departamento de Química- Universidad Nacional del Comahue.

Vanina Rodríguez-Ameijide - niinarodriguez1804@gmail.com

¹ Petrucci y col., *Química General*.

² Timberlake, *Química General, Orgánica y Biológica*.

La Química es una de las disciplinas que se encuentra dentro del Área de Ciencias Naturales en la Educación Secundaria Obligatoria y su objetivo se centra en el estudio de los materiales. De acuerdo a lo que plantea Pozo³, *“los alumnos aprenden química con muchas dificultades y bastante menos de lo que se espera o se pretende”* por lo que, las propuestas didácticas tendrían que promover el interés de los estudiantes por conectar la ciencia con las aplicaciones tecnológicas y los fenómenos de la vida cotidiana. En este sentido, resulta necesario relacionar los contenidos propios de la disciplina desde una perspectiva de Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA) para lograr una enseñanza globalizadora que permita atender las problemáticas dentro del contexto social y tecnológico en el que sucedan los fenómenos estudiados.

A continuación, se propone una secuencia didáctica con actividades que permiten iniciar el estudio de tabla periódica a partir de temáticas que presenten importancia social tales como bioelementos, alimentación y anemia. Este tipo de propuesta favorece a la concientización y reflexión de nuestros estudiantes acerca de una alimentación adecuada para tener una dieta equilibrada, identificación de los bioelementos esenciales para el buen funcionamiento de nuestro organismo y, además, permite que puedan asociar que los elementos químicos presentes en la tabla periódica son los mismos que están presentes en los alimentos y en su organismo. A fin de lograr un aprendizaje significativo también se incluyen actividades de autorregulación, ya que desde la teoría constructivista del aprendizaje se considera que es el propio alumno quien construye su conocimiento a partir de la interacción con otras personas. Esta construcción implica que el estudiante se autoevalúe y autorregule constantemente preguntándose qué y cómo va aprendiendo. En cuanto a las actividades de evaluación,

³ J. I. Pozo. «Enfoques para la enseñanza de la ciencia». En: Ed. Morata, 1997. Cap. 8. Teorías cognitivas del aprendizaje, págs. 265-308.

se realizarán las de tipo formativa con el objetivo de identificar las dificultades y progresos de aprendizaje de los estudiantes.

Objetivos

Con la siguiente propuesta didáctica se busca que los estudiantes logren:

- Valorar la importancia del trabajo científico a lo largo de la historia de la ciencia y su contribución al descubrimiento de los elementos químicos.
- Reconocer que los elementos químicos de la tabla periódica se encuentran en alimentos y objetos de la vida cotidiana.
- Relacionar elementos químicos con problemas en la salud.
- Reconocer que la materia se agrupa en dos tipos de sustancias, los metales y los no metales; e identificarlos según sus propiedades características.

15.2 Actividades de inicio

“Identificación de ideas previas”

Actividad 1: Contesta sin recurrir a libros ni a ningún otro medio de información las siguientes actividades.

1. Mi hermano juega al fútbol y luego de estar varios días con dolores musculares fue al médico y éste le dijo que su dolor se debía a contracciones repentinas en los músculos (calambres), por lo cual le recomendó que consuma banana. ¿Por qué crees que le recetó comer bananas? ¿Cuáles son sus beneficios?
2. Para evitar la osteoporosis los médicos recomiendan consumir lácteos. ¿Qué tienen los lácteos que hace posible fortificar a los huesos y crecer sanamente?

15. Los elementos químicos - Rodríguez A. y Gómez S.

3. A una persona que padece de fatiga, falta de energía, debilidad, dificultad para respirar, mareos y palidez le han recomendado que consuma carnes, lentejas, remolacha, espinaca. ¿Qué tienen en común estos alimentos? ¿Qué función cumple ese componente en el cuerpo humano? ¿Se encuentra en la misma proporción en cada alimento mencionado?
4. Según tus conocimientos ¿A qué se debe el color rojo de la carne? ¿A qué se debe el color verde en las hojas?
5. ¿El cobre que se utiliza para la fabricación de los conductores de corriente eléctrica es el mismo que está presente en los alimentos como cacao y pimienta? ¿Qué función crees que cumple el cobre en nuestro organismo?
6. Los elementos químicos se encuentran presente en la naturaleza de distintas formas. A partir de las siguientes imágenes, ¿Cómo los clasificarías? ¿Qué criterios utilizaste para elaborar tu clasificación?

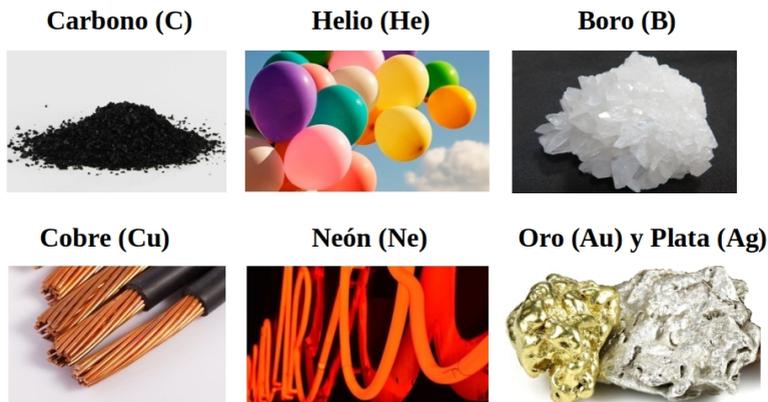


Figura 15.1. Elementos químicos en la naturaleza⁴.

⁴ Adaptado de Concepto . de, s.f.

15.3 Actividad experimental

Esta actividad fue diseñada buscando fomentar el trabajo en grupo de los estudiantes, para lo cual se organizan pequeñas comisiones donde cada una contará con los materiales necesarios para llevarla a cabo. Ante el uso de sustancias peligrosas, es necesario que el docente supervise con atención la forma de trabajo de cada uno de los grupos.

Antes de comenzar con la actividad experimental, se recomienda realizar una puesta en común en la que se pacten las pautas de trabajo como así también que permita tener noción de las ideas previas de los estudiantes sobre el tema a trabajar (elementos químicos, alimentos y su relación con los elementos químicos, entre otros).

Objetivo de la actividad

Extraer y determinar uno de los componentes del cereal, y conocer su importancia en la alimentación.

Parte I: “Un desayuno metálico”⁵

Materiales:

- Cereal.
- Vaso de precipitados de 250 mL.
- Tela de amianto y mechero de Bunsen.
- Agitador magnético y pinza para crisol.

⁵ Millán, G. H., & López Villa, N. M. (2011). Predecir, observar, explicar e indagar: estrategias efectivas en el aprendizaje de las ciencias. *Educación Química EduQ(9)*, 4-12.



Figura 15.2. Vista de materiales.

Procedimiento: Llena el vaso de precipitados con cereal hasta cubrir las $\frac{3}{4}$ partes, agrega agua de la canilla hasta cubrirlo e introduce la barra magnética en el vaso. Luego, agita durante 20 minutos en el agitador magnético, retira la barra con la pinza y lávala con mucho cuidado. Registra tus observaciones y responde el cuestionario.

Cuestionario:

1. Describe en detalle lo que observas durante la experiencia y registra la misma.
2. Explica brevemente lo observado.
3. ¿Qué elementos químicos reconoces en la etiqueta del cereal?
(Ver pág. siguiente)
4. Formula una hipótesis sobre el componente extraído. Justifica

Parte II: “Ensayo a la llama”

A través de esta técnica se tratará de determinar el componente que fue extraído del cereal. El ensayo a la llama es un procedimiento usado en Química para detectar la presencia de ciertos metales en una muestra problema; se trata de un ensayo de tipo cualitativo y no cuantitativo. Cada elemento químico presenta un color característico cuando se lo pone en contacto con la llama, independientemente de si el elemento se encuentra en estado libre o combinado con otros. En función del color que se produzca en la llama, el ensayo será positivo para un elemento químico u otro.

Materiales y reactivos:

- Vaso de precipitado de 50 mL.
- Probeta.
- Pinza.
- Mechero de Bunsen.
- Agua destilada.
- Ácido clorhídrico 6 M.
- Pulverizador.

INGREDIENTES:		
Trigo integral, salvado de trigo (21%), azúcar, aroma de malta de cebada, sal, miel, niacina (B ₃), hierro, vitamina B ₆ , riboflavina (B ₂), tiamina (B ₁), ácido fólico, vitamina D, vitamina B ₁₂ .		
Información para alérgicos: contiene trigo y cebada.		
INFORMACIÓN NUTRICIONAL		
	Por ración (40 g)	Por 100 g
Valor energético	130 kcal. 553 kJ	326 kcal. 1.383 kJ
Proteínas	4 g	10 g
Hidratos de Carbono	27 g	67 g
De los cuales		
Azúcares	9 g	22 g
Almidón	18 g	45 g
Grasas	0,8 g	2 g
De las cuales		
Saturadas	0,2 g	0,5 g
Fibra alimentaria	6 g	15 g
Sodio	0,16 g	0,4 g
Sal	0,4 g	1 g
Vitaminas:	(%CDR)*	(%CDR)*
Vitamina D	1,7 µg (33)	4,2 µg (83)
Tiamina (Vit. B ₁)	0,5 mg (33)	1,2 mg (83)
Riboflavina (Vit. B ₂)	0,5 mg (33)	1,3 mg (83)
Niacina (Vit. B ₃)	6 mg (33)	14,9 mg (83)
Vitamina B ₆	0,7 mg (33)	1,7 mg (83)
Ácido Fólico (Vit. B ₉)	134 µg (67)	334 µg (167)
Vitamina B ₁₂	0,33 µg (33)	0,83 µg (83)
Minerales:		
Hierro	4,6 mg (33)	11,6 mg (83)
Fósforo	148 mg (18)	370 mg (46)
Magnesio	52 mg (17)	130 mg (43)
Zinc	1 mg (7)	2,5 mg (17)
CDR*: Cantidad Diaria Recomendada por la UE.		

Figura 15.3. Etiqueta nutricional del cereal⁶.

⁶ AEFC. <https://www.asociacioncereales.es/cereales-de-desayuno/los-cereales-de-desayuno-y-la-salud/>

15. Los elementos químicos - Rodríguez A. y Gómez S.

Procedimiento: Coloca la barra magnética en un vaso de precipitados de 50 mL y agrega 15 mL de ácido clorhídrico 6 M; calienta agitando durante 5 min. Retira con una pinza la barra magnética y deja enfriar la solución. Enciende el mechero de Bunsen y ajusta la entrada de aire hasta producir una llama azul. Pulveriza la solución en la llama, observa y anota la coloración.

Precauciones

- **El pulverizador de las botellas debe ser de gatillo para evitar que la llama retroceda y se introduzca en la botella.**
- **Se debe dirigir el pulverizador lejos de los alumnos.**

Nota: Para reconocer el elemento que se encuentra en la solución, observa la Tabla 15.1.

Tabla 15.1. Identificación mediante ensayo a la llama.

Elemento químico	Símbolo	Color en la llama
Sodio	Na	Amarillo
Potasio	K	Violeta
Fósforo	P	Verde azulado
Hierro	Fe	Dorado
Magnesio	Mg	Blanco
Zinc	Zn	Verde azulado

De acuerdo a los resultados ¿Qué puedes concluir?

15. Los elementos químicos - Rodríguez A. y Gómez S.

Actividad 2: Busca información en libros o internet y contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Por qué crees que fortifican con hierro el cereal?
2. ¿Qué significa fortificar con un elemento químico?
3. ¿Qué otros alimentos contienen hierro? ¿Cuáles son fortificados con hierro?
4. ¿Es dañino el consumo excesivo de hierro? ¿Cuál es la dosis diaria de hierro recomendada?
5. ¿Qué enfermedades ocasiona la falta de hierro?

15.4 Actividades de desarrollo

Las siguientes actividades pueden ser trabajadas en grupos reducidos de estudiantes o individuales según lo considere el docente a cargo.

Con la lectura del texto “*El hierro y su impacto en el cuerpo humano*” se pretende que los estudiantes puedan dar cuenta que el Hierro (Fe) como tantos otros elementos químicos, es un bioelemento presente tanto en nuestro organismo como en muchos de los alimentos y su déficit puede provocar enfermedades como la anemia. El texto denominado “*¿Cómo se descubrió la anemia?*” hace referencia al análisis de cómo ha ido evolucionando la ciencia a lo largo del tiempo, mientras que el texto “*¿De qué estamos hechos?*” tiene como objetivo que los estudiantes reconozcan los bioelementos y las proporciones de los mismos en nuestro cuerpo. Para ello deberán responder una serie de preguntas con ayuda de libros e internet y completar un cuadro.

“EL HIERRO Y SU IMPACTO EN EL CUERPO HUMANO”^{7,8}

El ser humano necesita obtener energía para realizar las tareas de la vida diaria, para ello, los glóbulos rojos de la sangre son los encargados de transportar el oxígeno (O_2) que nuestro cuerpo necesita, desde los pulmones hacia el resto del cuerpo. El oxígeno está unido a la hemoglobina, una proteína que está en el interior de los glóbulos rojos y que se encuentra formada con hierro (Fe), lo que da el color rojo a la sangre.



Tanto el hierro como el oxígeno se denominan bioelementos o elementos biogénicos por ser elementos químicos que participan en la integración y funcionamiento de los seres vivos. La anemia es una disminución en la cantidad normal de hemoglobina y glóbulos rojos en la sangre. Hace que las células y los tejidos del cuerpo reciban menos oxígeno impidiendo su funcionamiento adecuado.

⁷ Primaria, A. E. (s.f.). Adaptado de Al cuidado de la infancia y la adolescencia. Recuperado el 24 de Junio de 2020, de Familia y salud: <https://www.familiaysalud.es/sintomas-y-enfermedades/corazon-y-sangre/la-sangre/anemia-por-falta-de-hierro-en-la-infancia-y>

⁸ NATIONAL HEART, LUNG, AND BLOOD INSTITUTE. (s.f.). Adaptado y recuperado el 24 de Junio de 2020, de La anemia falciforme: <https://www.nhlbi.nih.gov/health-topics/espanol/anemia>

Existen varios tipos de anemia. En general, se las clasifica por la causa que les da origen:

- *Anemias nutricionales*: por una deficiencia de hierro o de vitaminas.
- *Causadas por enfermedades*: anemia falciforme, anemia aplásica o debidas a enfermedades crónicas.

La anemia por deficiencia de hierro es la más común de las anemias por deficiencia nutricional, afectando a casi el 40 % de la población mundial. Cuando el cuerpo no tiene suficiente hierro, produce menos glóbulos rojos o glóbulos rojos demasiado pequeños. Esto se denomina anemia ferropénica, y se desarrolla en tres etapas:



- Disminución de las reservas de hierro que nuestro cuerpo tiene.
- Si no se reponen estas reservas, el hierro que va a la sangre se agota.
- Se forma menos hemoglobina y glóbulos rojos, aparece la anemia.

¿Cómo puedo aumentar el hierro en mi dieta?

Los alimentos más ricos en hierro son: carne roja (es el que más aporta), huevo, legumbres, cereales ricos en hierro, espinaca, entre otros. Por lo tanto, para evitar la anemia es necesario mantener una dieta, equilibrada y variada, entre estos alimentos y aquellos que contienen vitamina C (naranja, tomate, brócoli) pues así mejora la absorción del hierro.

¿Cómo diagnostica el médico la anemia por déficit de hierro?

A menudo, la primera prueba para diagnosticar la anemia es a través de un análisis de sangre donde se pide un hemograma completo conocido también como conteo sanguíneo completo (CBC), en el que se examinan diferentes células sanguíneas. Esta prueba incluye la cuantificación de hemoglobina, hematocrito (medida de la cantidad de glóbulos rojos) y glóbulos rojos (eritrocito/hematíes). Cuando sus niveles están reducidos, indican anemia, esto es, un bajo número de glóbulos rojos en la sangre. Cuando están elevados, indican policitemia, que es el exceso de hematíes circulantes. En el hemograma se determina también el volumen corpuscular medio (VCM), es una medida del tamaño promedio de los glóbulos rojos y constituye una pista de la causa de la anemia. Por ejemplo, en la anemia ferropénica los glóbulos rojos por lo general son más pequeños de lo normal.

Actividad 3: Interpretación de un análisis de sangre⁹

Recuerda siempre que ante cualquier duda debes consultar con tu médico.

Comparando los valores que se han obtenido en un análisis de sangre de un paciente con los valores medios que corresponden a un individuo sano, de esa misma raza y sexo, se puede averiguar su estado de salud o enfermedad.

1. Utilizando como valores normales los que aparecen en la siguiente tabla, debes averiguar la dolencia que sufren 3 pacientes distintos, a partir de los datos que se recogen en sus análisis de sangre.

⁹ Ministerio de Educación - Gobierno de España. (s.f.). Adaptado y recuperado el 24 de Junio de 2020, de <http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/1bachillerato/animal/analisis.htm>

15. Los elementos químicos - Rodríguez A. y Gómez S.

Datos de referencia

	Valores normales		Posible diagnóstico	
	Hombre	Mujer	Aumento	Disminución
Hematíes	3.9 - 5.7 millones/mm ³	3.7 - 5.1 millones/mm ³	Policitemia	Anemia
Hemoglobina	12.5 - 17 g %	11.5 - 15 g %	Policitemia, deshidratación	Anemia
Hematocrito	37 - 52 % de células	37 - 52 % de células	Pérdidas acuosas	Anemia

Datos de los pacientes

Paciente N°	1	2	3
Sexo	Mujer	Mujer	Hombre
Eritrocitos	3.2 mill./mm ³	5.4 mill./mm ³	4.78 mill./mm ³
Hemoglobina	10 g %	20 g %	14,4 g %
Hematocrito	30 % de células	51 % de células	43 % de células
Diagnóstico			

2. Si después de analizar los datos resulta que alguno de los pacientes presenta un posible diagnóstico de anemia ¿Qué le recomendarías a ese paciente?

“¿CÓMO SE DESCUBRIÓ LA ANEMIA?”¹⁰

Si bien es probable que la anemia de células falciformes (trastorno genético que causa la anormalidad de los glóbulos rojos), exista desde hace milenios, la historia del conocimiento científico de la enfermedad comenzó hace relativamente poco tiempo. En este sentido, la historia de la anemia de células falciformes se inició en 1910, cuando la condición se identificó por primera vez por los investigadores médicos. Durante las próximas décadas, los investigadores ampliaron su comprensión de la condición, descubrir, por ejemplo, su relación con el oxígeno, la genética y la hemoglobina.

La anemia de células falciformes es una anormalidad de la hemoglobina, una proteína que se encuentra en las células rojas de la sangre, y que es responsable del transporte de oxígeno por todo el cuerpo. La historia clínica de la anemia de células falciformes se inició en 1910, cuando un médico americano llamado James Herrick utiliza un microscopio para estudiar las células de la sangre de un hombre del Caribe que estaba experimentando dolores en el cuerpo y el letargo. El Dr. Herrick descubrió que las células rojas de la sangre del hombre exhibieron una forma anormal. Cuando publicó sus hallazgos, se refirió a las células como “en forma de hoz”, dando así a la condición de su nombre.

En las décadas que siguieron el descubrimiento del Dr. Herrick, los investigadores comenzaron a reconstruir la patología de la enfermedad. En 1927 un equipo de médicos determinó que la condición causa niveles bajos de oxígeno en la sangre; mientras que en 1949 dos investigadores independientes publicaron un trabajo que mostró que era hereditaria.

¹⁰ Toala Guerrero J. (2015). Adaptado de “Anemia falciforme y crisis drepanocítica, determinar las variantes de hemoglobina en consulta externa e internación del hospital Roberto Gilbert, periodo 2012 - 2014”. Trabajo de titulación presentado como requisito para optar por el título de médico.

Dos científicos, el Dr. Linus Pauling y el Dr. Harvey Itano, investigaron en 1951 que una anomalía estructural de la hemoglobina es la responsable de la forma de hoz de las células rojas de la sangre. Desde la mitad del siglo XX en adelante, la historia de la anemia de células falciformes implica, en gran medida, la búsqueda de tratamientos y curas eficaces para la condición.

En la década de 1980, se descubrió que una posible cura podría ser a través de un trasplante de médula ósea, la cual sustituye a las células anormales con células rojas de la sangre normales. Como este procedimiento es muy invasivo y puede no tener éxito, los científicos continúan la búsqueda de una cura satisfactoria. En 1995, los investigadores descubrieron que un medicamento llamado hidroxiurea podría minimizar significativamente el dolor a menudo asociada con la enfermedad.

Actividad 4:

1. En base a la lectura del texto construye una argumentación que responda a las siguientes preguntas: ¿Qué creencias, valores y perspectivas motiva a un científico y/o investigador a continuar con los trabajos sabiendo que hay otros que trabajan en el mismo tema? ¿Qué impacto o consecuencia puede tener el desarrollo científico del tema de investigación en la sociedad? Anímate a formular alguna pregunta de cómo un investigador retoma trabajos de otros para su investigación. Piensa: ¿Qué sucede con los diferentes resultados obtenidos por los distintos grupos de investigación sobre un mismo campo temático?
2. Averigua qué otros tipos de anemia se conocen en la actualidad y cuáles son sus causas.

“¿DE QUÉ ESTAMOS HECHOS?”^{11,12}

Nuestro planeta Tierra existe desde hace al menos 4.500 millones de años. También se ha determinado que la vida comenzó hace aproximadamente 3.500 millones de años. La evolución de los primeros organismos dio lugar a una variedad de clases de seres vivos. Los organismos vivos son muy distintos entre sí; presentan enormes diferencias estructurales y funcionales, y sin embargo, están formados por elementos químicos comunes a todos ellos, aunque no existan especies de animales con la misma composición molecular.

Los bioelementos o elementos biogénicos (bio = vida, génesis = origen) son los elementos químicos que por selección natural participan en la integración y funcionamiento de los seres vivos.

Todos los bioelementos son esenciales para el buen funcionamiento de nuestro organismo ya que cada uno realiza una función determinada. La ausencia o deficiencia de estos bioelementos pueden conducir a un mal funcionamiento del cuerpo, causar enfermedades o incluso provocar al individuo la muerte. Los elementos químicos que forman parte de los seres vivos son los mismos que conforman la materia general del universo.

No son, por tanto, elementos químicos exclusivos de los seres vivos. La diferencia entre los seres vivos y el resto del universo reside en las moléculas que los constituyen, llamadas biomoléculas. Gracias a la biología molecular, no sólo ha sido posible detectar los bioelementos, sino que también se han cuantificado y con base en esto se les ha clasificado

¹¹ Moratalla, N. L., Ruiz V., V. M., & Rico Romero, O. (2008). Biología y Geología. Editorial Editex.

¹² González López de Guereñu, F., Sánchez Ruiz, M., & Solís Fraile, R. (2007). Ciencias de la Naturaleza 1º ESO. Editorial Editex.

15. Los elementos químicos - Rodríguez A. y Gómez S.

en tres grupos según su abundancia en los seres vivos. En general, los bioelementos se clasifican en primarios, secundarios y oligoelementos o elementos trazas.

Actividad 5: lee con atención los datos de la imagen y del cuadro que se encuentran a continuación.



Figura 15.4. Bioelementos que se presentan en los seres vivos¹³.

A partir de la imagen, libros o internet, contesta las siguientes preguntas:

1. El oxígeno (O_2) transportado por los glóbulos rojos y el hierro (Fe) que forma parte de la hemoglobina son bioelementos.

¹³ ORT Campus Virtual. (s.f.). Recuperado el 24 de Junio de 2020, de ¿De qué estamos hechos? <https://campus.ort.edu.ar/articulo/448624/3er-trimestre>

15. Los elementos químicos - Rodríguez A. y Gómez S.

- ¿Cómo se los clasifica y por qué? ¿Qué porcentajes representan en nuestro cuerpo?
- ¿Cuáles son los tres elementos más abundantes en el cuerpo humano?
 - Busca información sobre las funciones que realizan los siguientes bioelementos en el cuerpo humano: N, Ca, F, K, Na.
 - ¿Cuáles son los bioelementos que debemos consumir en nuestra dieta? ¿En qué alimentos se encuentran y cuáles son las consecuencias de su deficiencia en el organismo humano?

Completa el siguiente cuadro

Bioelemento	Símbolo químico	Alimento de donde se obtiene	La deficiencia en su consumo diario produce

Actividades de evaluación.

Autorregulación y autoevaluación.

Con estas actividades se pretende que evalúes cuánto has aprendido y conocer los obstáculos o errores sobre el tema desarrollado.

1. ¿Qué he aprendido sobre los elementos químicos y su vinculación con los seres vivos? ¿Cómo lo aprendí? ¿Cómo aplico ese conocimiento en la vida diaria?
2. Marca con una cruz y justifica. El tema que hemos trabajado te pareció:

	Si	No	¿Porqué?
Aburrido			
Interesante			
Importante			

3. Te propongo que diseñes una encuesta con lo que has aprendido y luego se la realices a todos los integrantes de tu familia. Podrías formular preguntas como: ¿Sabías que existe una anemia por deficiencia de hierro y que por ello se fortifican algunos alimentos que consumimos a diario? Una vez obtenidos los resultados ¿Qué puedes concluir?

Evaluación

1. Los elementos químicos más abundante en el cuerpo humano son: C, H, O, N. A éstos elementos ¿Se los clasifica como metales o no metales? Según esta clasificación ¿cuáles son sus propiedades físicas y químicas?

15. Los elementos químicos - Rodríguez A. y Gómez S.

2. Completar el siguiente cuadro:

Elemento químico	Símbolo químico	Localización o función en el organismo	Alimento donde se halla de manera natural	Enfermedad por exceso o déficit en su consumo diario
Calcio				
Sodio				
Potasio				
Hierro				
Flúor				

3. A partir de la siguiente información construye un gráfico de barras que muestre el porcentaje de hierro en diferentes alimentos. Para ello en el eje X tendrás que ubicar cada uno de los alimentos y en el eje de las Y deberás construir una escala que te permita graficar el porcentaje presente en cada alimento. Puedes representar cada franja con distintos colores.

Datos: Almejas 24 %, cereales 12 %, hígado 14 %, lentejas 8 %, espinaca 4 %, pescado 2 %.

En función del gráfico responde:

- ¿Qué alimentos de los mencionados consumes más en tu dieta?
- ¿Alcanzas a consumir el aporte diario de hierro que se necesita para crecer saludablemente?
- En caso de no alcanzar el aporte diario, ¿Qué deberías cambiar en tu alimentación?

15. Los elementos químicos - Rodríguez A. y Gómez S.

4. En la Tabla 15.2 se muestran los resultados de laboratorio de dos niños diferentes evaluados por su pediatra, quien realiza un análisis de sangre para evaluar si presentan anemia. Analizar el porcentaje de ferremia.

Tabla 15.2. Análisis de resultados de laboratorio.

Determinación	Paciente 1 (2 años)	Paciente 2 (3 años)	Normal (2 - 4 años)
Eritrocitos ($\times 10^{12}/L$)	4,68	5,74	$4,42 \pm 0,22$
Hemoglobina (g/L)	100	103	124 ± 4
Hematocrito (L/L)	0,32	0,35	$0,37 \pm 0,02$
VCM (fL)	68,3	60,5	$84,5 \pm 0,2$
HCM (pg)	21,3	18,0	$28,0 \pm 1,3$
CHCM (g/L)	312	297	332 ± 19
Ferremia ($\mu\text{g}/L$)	124	66	81 ± 27
Hemoglobina A ₂ (%)	4,3	5,2	1,3 - 3,7
Hemoglobina F (%)	5	1,5	< 5
Reticulocitos (%)	0,6	1,0	0,5 - 1,5
Índice de Mentzer	14,6	10,5	-
IPR	0,3	0,5	-

Luego de observar los resultados responder:

- ¿cuál de los pacientes posee déficit de hierro?
- Elige qué dieta será la más adecuada para recuperar los valores normales de hierro en sangre. Justifica tu respuesta.

Dieta 1:

- Legumbres secas.
- Frutas deshidratadas.
- Huevo (especialmente las yemas).
- Cereales.
- Hígado.
- Carne roja y magra (especialmente la carne de res).
- Ostras

Dieta 2:

- Agua.
- Arroz..
- Galletitas.
- Café.
- Pollo.
- Zapallo.
- Chocolate

- c) En la dieta elegida en el inciso anterior, estimar el porcentaje total de hierro proporcionados por los alimentos.

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 profesorado: 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^a, A. L. Cordoba^a.

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,

^aFacultad 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.

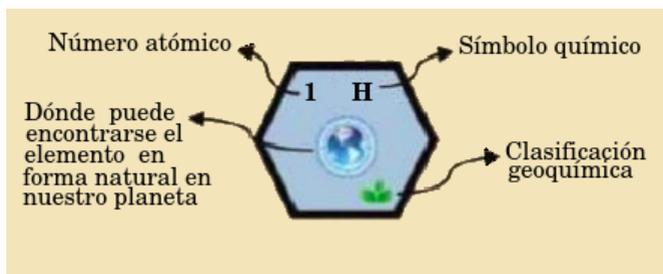


Figura 16.1. Representación de los símbolos y forma de un elemento referencia en la tabla periódica.

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 % SiO_2 , 16 % Al_2O_3 , 9 % FeO , 7.4 % CaO , 5 % MgO , 3.1 % Na_2O , 1 % K_2O . 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 % SiO_2 , 15 % Al_2O_3 , 11.3 % CaO , 10.5 % FeO , 7.6 % MgO , 2.7 % Na_2O , 1.6 % TiO_2 , 0.1 % K_2O .

■ 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 % SiO_2 , 38 % MgO , 7.5 % FeO , 4 % Al_2O_3 , 3.2 % CaO , 0.3 % Na_2O , 0.2 % TiO_2 . Este se encuentra enriquecido en MgO y empobrecido en elementos radioactivos (U, Th, tierras raras, entre otros), Al_2O_3 , CaO , Na_2O y K_2O 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 (Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} y CO_3^{2-}) y a la izquierda los cationes (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y Fe^{2+}). Aunque Na^+ siempre se confronta con Cl^- , Ca^{2+} con HCO_3^- y el Mg^{2+} con 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.

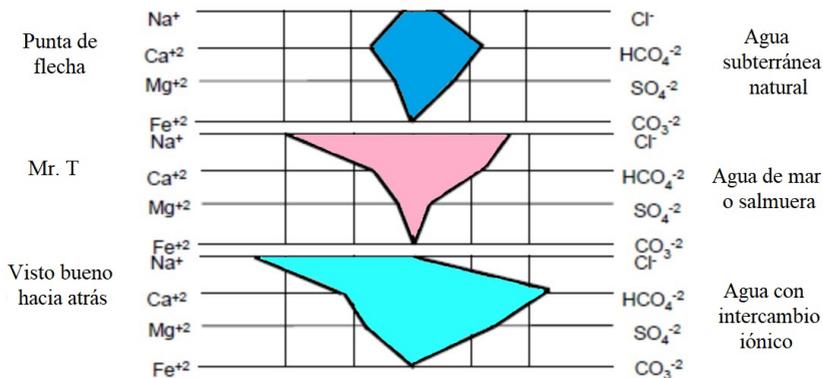


Figura 16.2. Diagrama de Stiff¹.

■ Diagrama de Piper.

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

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

y en los vértices del derecho los aniones (Cl^- , HCO_3^- y 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.

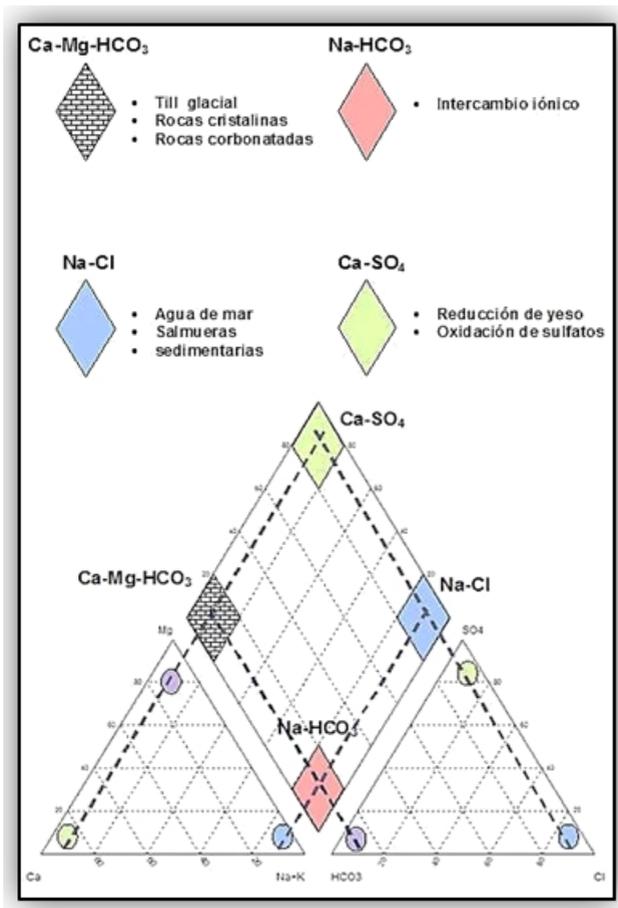


Figura 16.3. Diagrama de Piper².

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.

² 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 α -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	α -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	β -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.

feldespatos de sodio ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$). Esta rama culmina a $600\text{ }^\circ\text{C}$ donde la formación de feldespatos es casi de un 100% $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$. Para las fases residuales —las cuales son las últimas en formarse y se presentan como la línea recta que desciende de las series anteriores— el mineral conocido como K-spar (feldespato potásico) aparecerá a temperaturas inferiores a los $600\text{ }^\circ\text{C}$, y la moscovita se generará a temperaturas menores. El último mineral en formarse es el cuarzo, y sólo en sistemas donde exista un exceso de silicio en el remanente. Este mineral se forma a temperaturas relativamente frías de magma ($200\text{ }^\circ\text{C}$), cuando ya casi se ha solidificado.



Figura 16.5. Serie de Bowen³.

³ Tarbuck E. J., Lutgens F. K., Ciencias de la Tierra 8va., 2005, Pearson Educación S. A.

7. Elementos compatibles e incompatibles.

Los elementos compatibles son aquellos que durante la fusión parcial se concentran preferentemente en el sólido (minerales), mientras que los incompatibles se concentran en el líquido (fundido residual). El coeficiente de partición de los minerales es el que determina su carácter compatible o incompatible, dependiendo el mismo de factores del medio como la composición del magma (% sílice), presión y temperatura, como también de factores del elemento como el radio iónico y valencia.

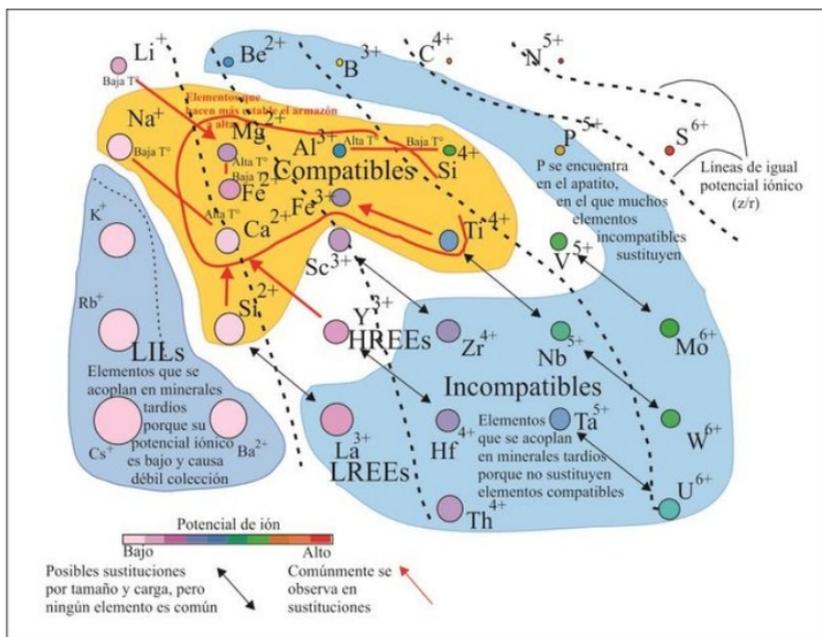


Figura 16.6. Elementos compatibles e incompatibles y su asociación con el potencial iónico⁴.

⁴ Pajuelo Aparicio D., Magmatismo, petrografía y estratigrafía de los depósitos

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”⁵ (Anexo). Sólo basta con escanear el dorso (el marcador) de la carta con el celular utilizando la aplicación RappChemistry⁶ 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).

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

⁶ 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 INTERACTIVA⁷, 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

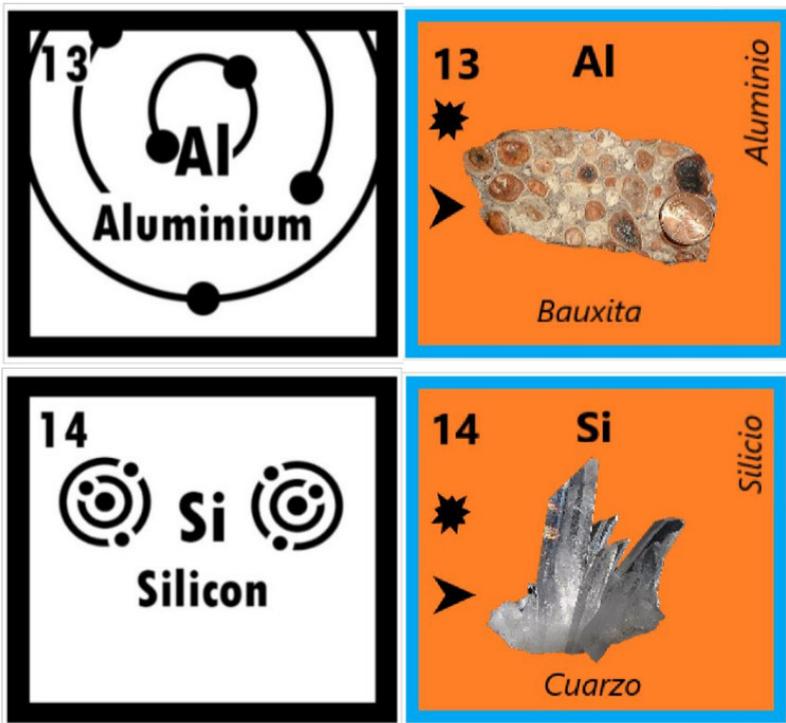
⁷ https://play.google.com/store/apps/details?id=io.kodular.sethi_pharaoh.SideMenuLayout

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.

Anexo

Marcadores de dos elementos químicos distintos (ejemplos) de la Tabla Periódica de los Elementos asociada a Geología para experimentar con realidad aumentada. Debe escanearse la sección en blanco y negro con la aplicación móvil RappChemistry para observar la estructura del elemento.



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

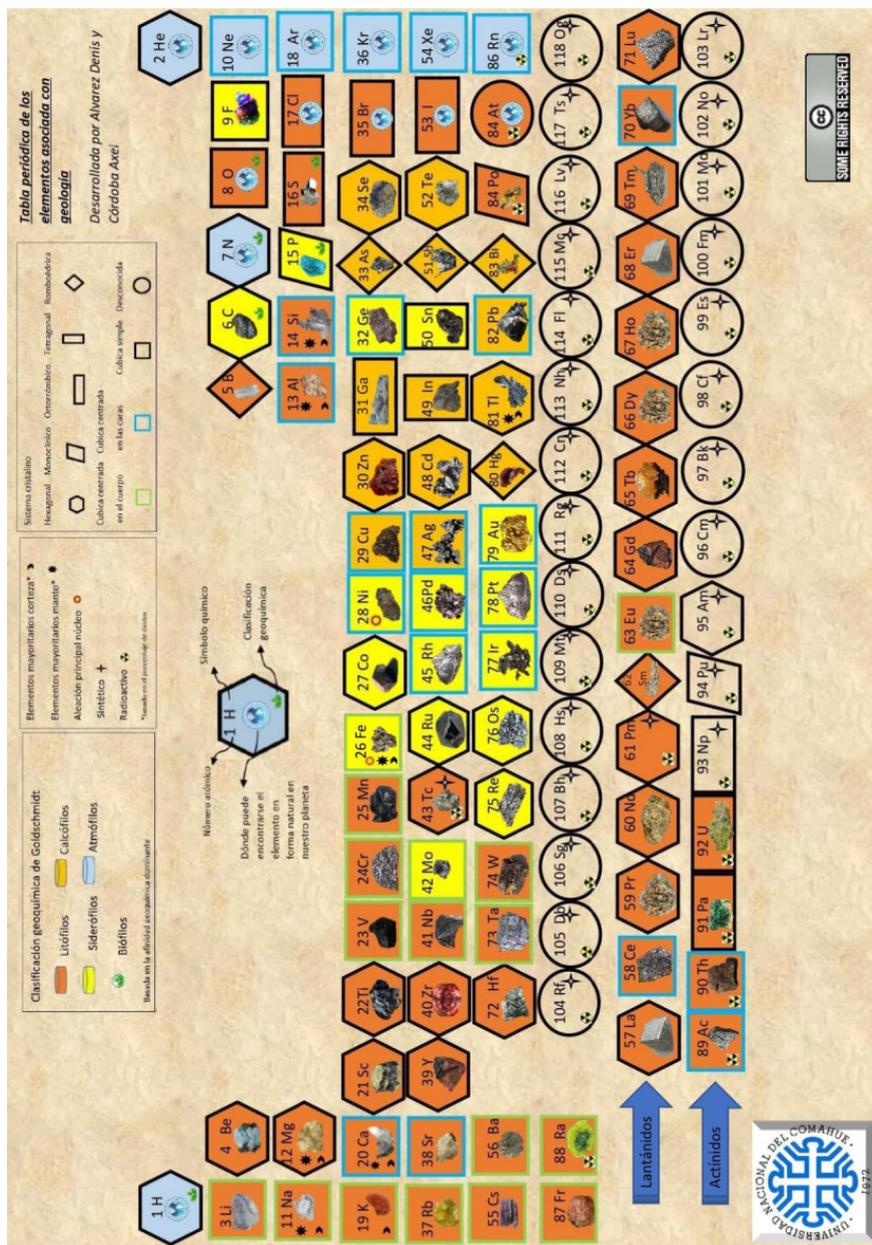
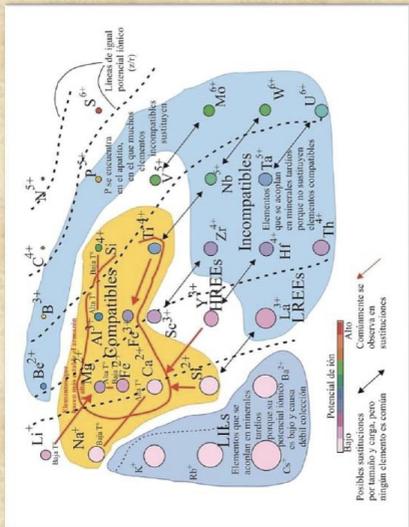


Figura 16.8. Anverso de la Tabla Periódica de los Elementos Asociada a Geología.

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

Elemento	Dónde lo encontramos	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Hidrogeno (H)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Helio (He)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Litio (Li)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Berilio (Be)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Boro (B)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Carbono (C)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Nitrogeno (N)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Oxígeno (O)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Fluor (F)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Neón (Ne)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Sodio (Na)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Magnesio (Mg)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Aluminio (Al)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Silicio (Si)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Fósforo (P)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Azufre (S)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Cloro (Cl)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Argón (Ar)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Potasio (K)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Calcio (Ca)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Escandio (Sc)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Titanio (Ti)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Vanadio (V)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Cromo (Cr)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Manganeso (Mn)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Hierro (Fe)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Cobalto (Co)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Níquel (Ni)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Cobre (Cu)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Cinc (Zn)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Galio (Ga)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Germanio (Ge)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Arsenico (As)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Selenio (Se)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Bromo (Br)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Criptón (Kr)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Rubidio (Rb)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Estroncio (Sr)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Yttrio (Y)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Circonio (Zr)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Niobio (Nb)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Moilbdeno (Mo)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Tecnecio (Tc)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Rutenio (Ru)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)
Rodio (Rh)	Atmósfera	Palacio (Pd)	Palacio (Pd)



Categorización de elementos compatibles e incompatibles.

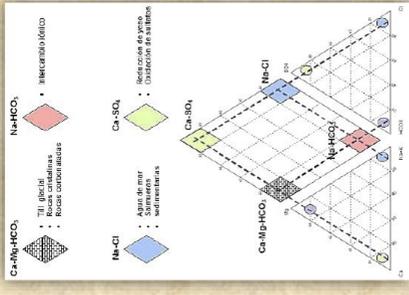
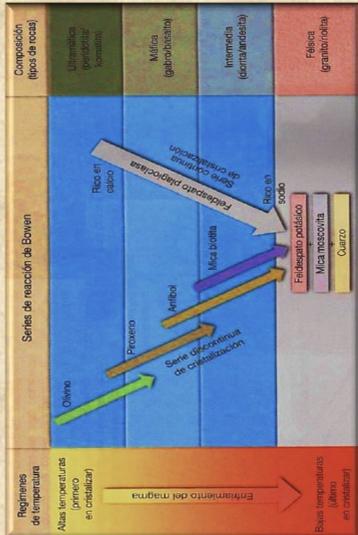


Diagrama de Piper casos típicos



Serie de reacción de Bowen



Figura 16.9. Reverso de la Tabla Periódica de los Elementos Asociada a Geología.

17. Tabla periódica y Petróleo.

I. A. Londero^a, M. Montenegro Garofalo^a.

Palabras clave: Tabla periódica, geología, elementos químicos, petróleo.

Poniendo en contexto

En 1869, el químico Dimitri Mendeléiev profundizó la idea que si se ordenaban los elementos según sus pesos atómicos de manera creciente presentarían características químicas muy próximas a intervalos regulares. Esto le permitió predecir propiedades de elementos aún no descubiertos. Meyer, un químico alemán, fue quien estudió una propiedad común a todos los elementos conocidos (el volumen atómico) y analizó globalmente su variación a lo largo del sistema periódico. Aplicó conceptos adquiridos en los estudios sobre la teoría cinético-corpúscular de la materia para determinar volúmenes atómicos relativos de los elementos en la Tabla que creó un año después de Mendeléiev.

La Tabla Periódica actual, es la de Mendeléiev, pero con algunas alteraciones; está mejorada y es más extensa por los nuevos elementos descubiertos y sintetizados. Hoy se ha convertido en un símbolo de la ciencia y la cultura, y para conmemorar su vida de siglo y medio las Naciones Unidas declararon al 2019 como el Año Internacional de la Tabla Periódica.

^aFacultad de Ingeniería-Departamento de Geología y Petróleo- Universidad Nacional del Comahue.

Ignacio Agustín Londero - *agulondero1234@gmail.com*

Matías Joaquín Montenegro Garofalo - *montenegromatias212@gmail.com*

17. La tabla periódica II - Londero y Montenegro Garófalo.

A lo largo de la historia, los elementos de la naturaleza se agruparon de varias maneras, pero hace 150 años, el ruso Dimitri Ivánovich Mendeléiev (Tobolsk, actual Rusia, 1834 - San Petersburgo, 1907) propuso una tabla periódica para recogerlos a todos y cada uno de ellos. Con las contribuciones de otros científicos, esta tabla se ha convertido en el corazón colorido de la química tal como la conocemos hoy.

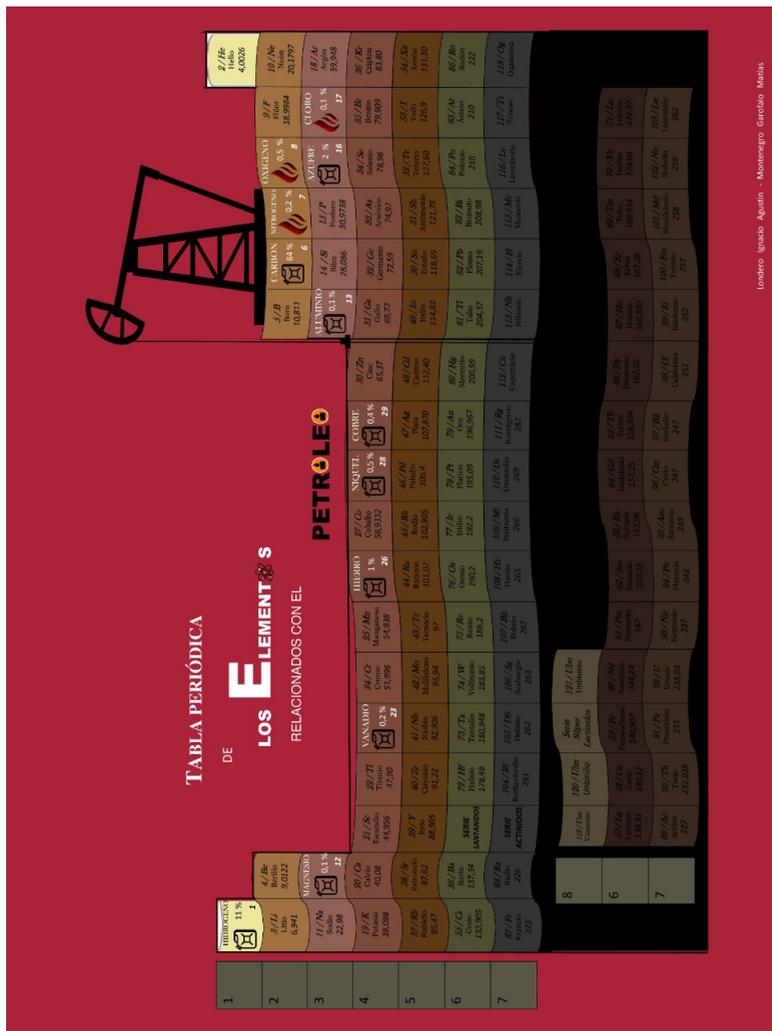
La tabla periódica da información y datos sobre los grupos, periodos, masa atómica, energía de ionización, configuración electrónica, número atómico, electronegatividad, estados de oxidación, entre otros datos de los elementos. Este ordenamiento de los elementos provee un marco útil a la hora de analizar comportamientos químicos, ya que en definitiva, la esencia del mismo es el ordenamiento según los números atómicos crecientes, o ley periódica¹, siendo en la actualidad un material utilizado ampliamente en el área de la química y en muchas otras ciencias.

Fue por esto que desde la universidad nacional del Comahue se realizó el concurso “HAY TABLA”, y en este los estudiantes presentamos modelos periódicos relacionando conceptos sobre nuestras carreras y temas vistos a lo largo de las cursadas. Cabe destacar que si nos lanzamos a buscar en sitios web podremos encontrar infinidad de modelos periódicos relacionados a diversos temas y con formatos únicos, un claro ejemplo de esto es la página *ptable.com*².

La tabla periódica que se describe a continuación fue propuesta por los estudiantes de ingeniería en petróleo Londero Ignacio Agustín y Montenegro Garófalo Matías Joaquín, en un formato que cuenta con dos partes: anverso y reverso.

¹ Camacho González, J. P., Gallego Badillo, R., & Pérez Miranda, R. La ley periódica. Un análisis histórico, epistemológico y didáctico de algunos textos de enseñanza. *Educación Química* 18(4), 2007, 278-288.

² Dayah, M. (2013). Ptable. Dynamic Periodic Table *ptable.com*



Cuando hablamos del anverso, esta nueva tabla periódica se creó con la finalidad de poder ser usada principalmente por estudiantes de ingeniería en petróleo o personas relacionadas con este material; su ordenamiento continúa siendo el mismo y los elementos son localizados en la tabla periódica basados en su estructura atómica. Cada fila y cada columna tienen características especiales. Lo que la destaca es que a simple vista se pueden distinguir los elementos que componen principalmente el petróleo; además la forma característica de la tabla da una imagen de lo que se podría asemejar a la estructura de capas de la tierra. Se le dio un color oscuro para asociarlo al petróleo porque a pesar de que su color depende del contenido y estructura de las sustancias resinosas, por lo que puede haber petróleos negros, oscuros, pardos, claros, incoloros, entre otros; las personas cotidianamente lo asocian al color negro o colores generalmente oscuros.

¿Qué es el petróleo?

A grandes rasgos el petróleo es una mezcla de compuestos orgánicos que se produce en el interior de la Tierra. Hay muchas teorías de cómo se formó este material, siendo la *teoría orgánica* la más aceptada en la actualidad, la cual enuncia que el petróleo y el gas se formaron a partir de las sustancias orgánicas de las rocas sedimentarias. Se considera que el primer material orgánico que se acumula en las rocas sedimentarias está formado por residuos muertos de la microflora y de la microfauna (plancton y otros microorganismos primitivos) que se desarrollan en el agua del mar y a las cuales se añaden restos animales y vegetales por transporte. En las capas superiores de las rocas sedimentarias esta materia orgánica sufre descomposición por acción de O_2 y bacterias. Se desprenden en este proceso CO_2 , N_2 , NH_3 , CH_4 , C_2H_6 y otros gases. A la vez se forman los primeros productos líquidos solubles en agua. El material más estable respecto a la acción química

y bacteriana queda en las zonas sedimentarias. A medida que pasa el tiempo, las rocas sedimentarias van quedando enterradas por otras capas que se superponen a lo largo de mucho tiempo, por la acción del movimiento tectónico o simplemente erosión, se sumergen hasta 1.5 - 3 km de profundidad. En este nivel tectónico hay un medio reductor, hay temperaturas más altas (de hasta 200 °C), presiones considerables (10 - 30 Mpa), y además toda esta masa está encajonada entre otras rocas, las cuales pueden tener sustancias que funcionen como catalizadores de la reacción (arcillas principalmente). Todo esto hace que se produzcan una serie de transformaciones y den origen a petróleo, gas o carbón³.

Los elementos destacados de la tabla periódica

Los compuestos orgánicos del petróleo son hidrocarburos de diversos tipos. La composición de un crudo de petróleo es bastante uniforme en cuando al contenido de C, H, S, N, siendo más variable la composición en el caso de los gases, dependiendo de su procedencia. Es por esto que si observamos en nuestra tabla se pueden visualizar rápidamente estos 4 elementos; además se observa el porcentaje promedio que hay de cada uno de estos elementos dentro del fluido. Es importante saber la composición del crudo, puesto que según resulte podremos obtener una gran variedad de unos u otros productos a partir de él. Sin embargo, sea cual fuese la procedencia del petróleo, se va a mantener constante el contenido en C y H, ya que su forma molecular consiste principalmente en cadenas de longitudes diversas constituidas por estos dos elementos.

³ López Jimeno, C. EL PETROLEO “EL RECORRIDO DE LA ENERGIA”, 2002, Editor E.I.S.E. Doménech, S.A. © Comunidad de Madrid-Consejería de Economía e Innovación Tecnológica-Dirección General de Industria, Energía y Minas

Carbono: El petróleo se compone principalmente de carbono en la porción entre 83 - 87%; el crudo es una mezcla de hidrocarburos desde el más sencillo (CH_4 , metano), hasta especies complejas con 40 átomos de carbono. Dependiendo del número de átomos de carbono y de la estructura de los hidrocarburos que integran el petróleo se tienen diferentes propiedades que los caracterizan, determinando su comportamiento como combustibles, lubricantes, ceras o solventes. Por lo general, la gasolina comprende hidrocarburos que tienen de 4 a 12 átomos de carbono; la kerosina, de 10 a 14; los destilados medios, de 12 a 20 y los aceites de alumbrado o gasóleos, de 20 a 36. Las cadenas lineales de carbono asociadas a hidrógeno constituyen las parafinas; cuando las cadenas son ramificadas se tienen las isoparafinas; al presentarse dobles uniones entre los átomos de carbono se forman las olefinas; las moléculas en las que se forman ciclos de carbono son los naftenos, y cuando estos ciclos presentan dobles uniones alternas (anillo bencénico) se tiene la familia de los aromáticos⁴.

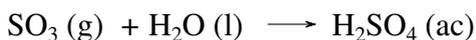
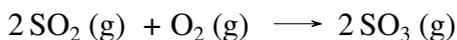
Hidrógeno: como elemento se presenta en un 11 - 14 % en el petróleo, combinado con el carbono en enlace covalente. Cuando se lo utiliza como hidrógeno gaseoso en los procesos de combustión frente al oxígeno, no produce gases de efecto invernadero y ofrece un gran potencial para reducir las emisiones de CO_2 que se generan durante la combustión de origen fósil⁵.

Azufre: Constituye aproximadamente el 2 % (en masa) en el petróleo. De los diferentes elementos contenidos en el petróleo, el azufre es uno de los que más contamina el ambiente cuando se lo somete a los procesos de combustión. Cuando se quema forma

⁴ Ver referencia del carbón en el petróleo

⁵ Chang R., Fundamentos de química, 2011, McGraw-Hill Interamericana de España S. L.

dióxido de azufre (SO₂), un gas corrosivo que combinado con el agua produce ácido sulfúrico, uno de los ingredientes de la lluvia ácida⁶.



Por esta razón, de la misma forma que se tiene la capacidad de fraccionar hidrocarburos, las refinerías deben poder extraer el azufre del crudo y de los flujos de refinación en la medida que sea necesario mitigar efectos no deseados. De lo contrario, la presencia de niveles altos de azufre, además de contaminar la atmósfera, afecta a los catalizadores y provoca la corrosión en los equipos productivos. Precisamente por este motivo, las unidades de craqueo van acompañadas de “unidades de desulfuración” consumiéndose combustible en ambos procesos.

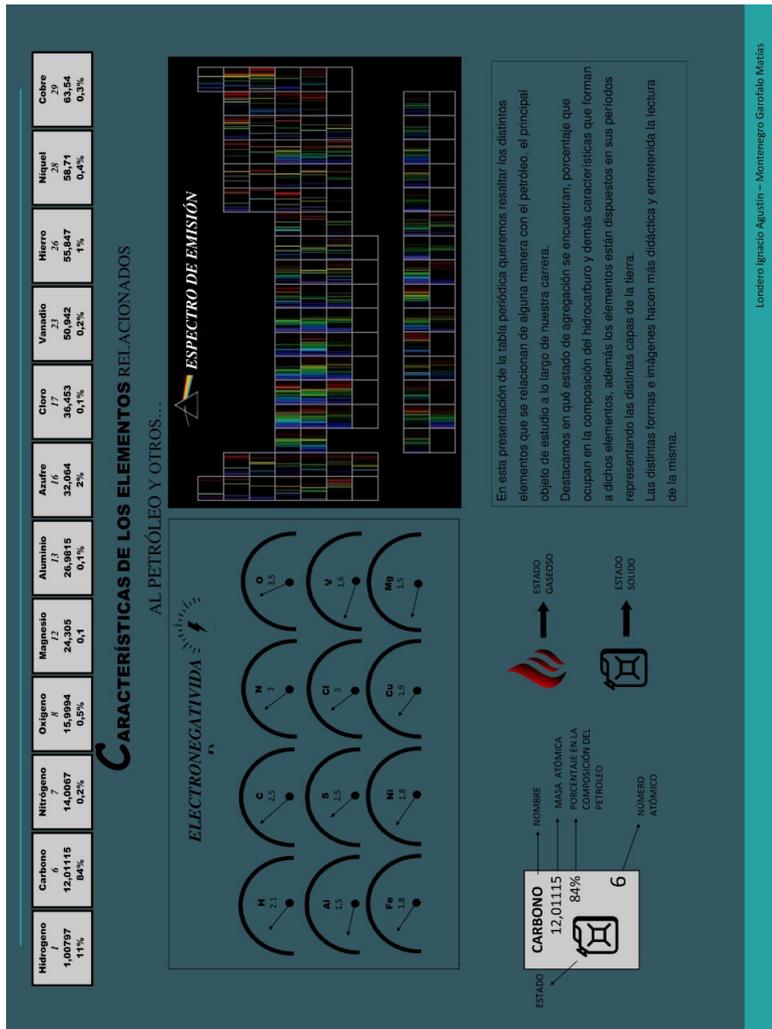
Nitrógeno: es empleado durante la fase de perforación y terminación de pozos para llevar a cabo cementaciones y limpiezas; en la fase de producción ayuda a incrementar el factor de recuperación de aceite mediante su inyección a yacimientos, para mantener y aumentar la presión. También puede emplearse como gas para bombeo neumático y en algunas ocasiones se utiliza para realizar mantenimiento a los ductos. La inyección de nitrógeno ha sido una de las alternativas más atractivas para llevar a cabo procesos de mantenimiento de presión, fundamentalmente por su costo y gran disponibilidad. Este tipo de prácticas brindan información muy importante sobre los yacimientos como el comportamiento de la presión y de la producción, gasto de fluidos inyectados, manifestación con la producción de los fluidos

⁶ McMurry, J. & Fay, C., Química general 5ta., 2009, Pearson Educación.

inyectados, entre otros, que pueden ser útiles en la explotación y desarrollo de yacimientos con características geológicas similares para maximizar el factor de recuperación y la producción de aceite.

Sin embargo, aún no existe suficiente experiencia en la inyección de nitrógeno en yacimientos gigantes y súper gigantes en el mundo. Por otro lado, para cumplir con los estándares de calidad establecidos por las normas vigentes se han identificado aspectos a solucionar para el manejo y control de impurezas presentes en los hidrocarburos que se producen, que requieren el desarrollo de metodologías y procedimientos que ayuden al control de nitrógeno en la producción de los hidrocarburos para poder extender su uso a diferentes campos del mundo. La principal ventaja del nitrógeno se encuentra en que forma parte de la atmósfera por lo que se puede obtener a gran escala. Es un gas que no reacciona con los componentes del crudo mientras que la inyección de CO₂ provoca formación de ácidos que requieren adecuaciones en las instalaciones de producción existentes. La pureza del nitrógeno influye en la presencia de oxígeno en los hidrocarburos, e interviene directamente en la estabilización y corrosividad del aceite en la superficie. El nitrógeno es un gran sustituto del gas natural para mantener la presión en yacimientos de aceite y gas volátiles, y de gas y condensado.

Oxígeno: La presencia de oxígeno en los sistemas de producción en boca de pozo es de la mayor importancia, ya que en la mezcla aceite-gas que proveniente de los pozos están presentes sustancias como C, O, S y H₂S además de agua, oxígeno y nitrógeno que son los elementos más importantes que favorecen la corrosión. Esto es porque el agua (libre o en emulsión) que lleva la mezcla de hidrocarburos, además de los compuestos y elementos, forma sulfuro de hidrógeno y dióxido de azufre que se ionizan con el agua, favorecidos con las condiciones de presión y temperatura, formando ácidos.



Londero Ignacio Agustín - Montenegro Garófalo Matías

Figura 17.2. El reverse de esta tabla periódica.

17. La tabla periódica II - Londero y Montenegro Garófalo.

En el anverso de la tabla se colocaron datos relacionados con lo visto durante el cursado de la materia introducción a la química que, a pesar de no estar tan relacionados al petróleo, le dan además una utilidad más general a la tabla.

Electronegatividad: La electronegatividad de un elemento es una medida de la tendencia relativa de un átomo a atraer electrones hacia sí mismo cuando está combinado con otro átomo; en este caso es un factor muy importante ya que nos ayuda a reconocer muchas características de los hidrocarburos, como su polaridad, las moléculas que forman, como se combinan entre sí, etc.

Un átomo de carbono tiene cuatro electrones en su capa más externa. Esto quiere decir que el átomo de C puede adquirir una configuración estable al formar cuatro enlaces covalentes, además cada átomo de C puede formar enlaces sencillos, dobles o triples utilizando varias hibridaciones. El carbono es único entre los elementos, en cuanto a que forma enlaces con átomos similares y a la diversidad de compuestos que resultan de estos enlaces; es muy raro que algún elemento, a excepción del carbono, forme enlaces con átomos iguales. El carbono forma cadenas largas, ramificadas y con anillos que también pueden tener unidas a otras cadenas.

Las moléculas de los hidrocarburos (enlace C-H) tienen enlaces covalentes, no polares, lo cual les aporta características tales como su insolubilidad en agua. Al ser no polares, los de bajo peso molecular tienden a presentarse en estado gaseoso, mientras que cuando la longitud de la cadena se incrementa, también se incrementan las fuerzas de Van der Waals, resultando en compuestos que pueden encontrarse como líquidos de alto punto de ebullición, e incluso en estado sólido, tales como las parafinas y asfaltos⁷.

⁷ Whitten, K. W., , Davis R. E., Peck M. L. y Stanley G. G., Química 10.^a, 2015, Cengage Learning.

Espectro de emisión: es el espectro de longitudes de onda de la luz emitida cuando los átomos y las moléculas cambian entre dos estados de energía. La luz blanca o la luz visible incidente en el prisma se descompone en diferentes colores, y cada color tiene una longitud de onda específica. El patrón de color obtenido es un espectro de radiación visible llamado espectro de emisión. Cada elemento tiene un espectro de emisión único. Las líneas características del espectro atómico se usan en el análisis químico para identificar átomos desconocidos, al igual que las huellas digitales se usan para identificar a las personas. Cuando la línea del espectro de emisión de un elemento conocido coincide con la línea del espectro de emisión de una muestra desconocida, se puede sospechar la existencia de tal elemento en la muestra, aunque es más certero establecer la ausencia.

Los átomos de un elemento o sustancia tienen electrones y protones, que se mantienen unidos mediante fuerzas electromagnéticas. Según el modelo de Bohr, la disposición de los electrones debería mantener la energía de los átomos lo más baja posible. Este nivel de energía se llama estado fundamental del átomo. Cuando un átomo obtiene energía del exterior, los electrones se mueven a niveles de energía más altos, y el átomo cambia su estado fundamental a estados excitados. En los estados excitados, el tiempo de residencia del electrón es muy corto ($\approx 10^{-8}$ s); el átomo es inestable y vuelve al estado fundamental, pasando por estados intermedios de energía. Durante las transiciones de los estados excitados al estado fundamental, las energías de los fotones emitidos por el átomo son iguales a las diferencias de energía entre los dos estados, proporcionales a las frecuencias e inversamente proporcionales a las longitudes de onda λ . Los fotones emitidos aparecen como líneas brillantes, llamadas líneas espectrales, y la distribución de energía espectral del conjunto de fotones emitidos en la transición atómica es el espectro de emisión.

17. La tabla periódica II - Londero y Montenegro Garófalo.

Podemos concluir que el trabajo realizado fue mucho mas que un simple concurso ya que aportó mucha información que pudo ser complementada con la dada en la materia. El poder relacionarnos entre compañeros y profesores permitió un entorno de trabajo más placentero y ameno, por el cual estamos muy agradecidos de haber podido participar.

18. El Oro Negro.

M. C. Dominguez Pérez^a, A. Mierez^a.

Palabras clave: Tabla periódica, geología, elementos químicos, petróleo.

La relevancia de la tabla periódica consiste en el hecho de presentar a los elementos conocidos de una manera que sean fácilmente comprensibles. Este orden puede ser de gran utilidad ya que ofrece mucha información en lo que respecta a los constitutivos básicos de la materia. Fue desarrollada a lo largo del tiempo a medida en que se avanzaba con los conocimientos científicos; es por esta circunstancia que en su historia puede llegar a presentar muchas modificaciones y correcciones. Hoy en día, es un elemento fundamental para cualquier persona que se esté formando en ciencias.

La tabla periódica parece una cuadrícula de diversos colores, con cada círculo teniendo una serie de letras en tamaño grande. No obstante, esta distribución tiene un sentido. A cada columna se la suele llamar grupo o familia, mientras que a las filas horizontales se las llama períodos. Por otro lado, veremos que a los distintos elementos se los agrupa con distintos colores. Cada una de estas características tiene una razón de ser, una razón fundamentada en las características que presentan los elementos.

Si hablamos de hidrocarburos lo primero que se nos viene a la mente es el petróleo. Si bien no hay en la tabla periódica un símbolo para el petróleo, sí es posible encontrar los de los elementos que lo constituyen: Carbono (83-87 %) e Hidrógeno (11-14 %).

^aFacultad de Ingeniería-Departamento de Geología y Petróleo- Universidad Nacional del Comahue.

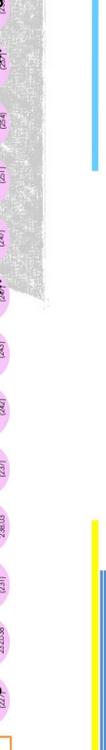
18. La tabla periódica III - Dominguez y Mierez.

Los hidrocarburos suelen tener abundantes impurezas de compuestos orgánicos conteniendo Oxígeno, Azufre, Nitrógeno; a partir de su uso podemos lograr fuentes de energía para el mundo moderno y también el recurso para la fabricación de múltiples materiales con los cuales hacemos nuestra vida más fácil teniendo importancia en el desarrollo general de nuestra civilización.

El Oro Negro

Tabla Periódica de los Elementos

Periodo	Grupo 1 (IA)	Grupo 2 (IIA)	Grupo 3 (IIIB)	Grupo 4 (IVB)	Grupo 5 (VB)	Grupo 6 (VIB)	Grupo 7 (VIIB)	Grupo 8 (VIII)	Grupo 9 (VIII)	Grupo 10 (VIII)	Grupo 11 (IB)	Grupo 12 (IIB)	Grupo 13 (IIIA)	Grupo 14 (IVA)	Grupo 15 (VA)	Grupo 16 (VIA)	Grupo 17 (VIIA)	Grupo 18 (VIIIA)
1	1 H 1.008 1	2 He 4.003 2																
2	3 Li 6.941 1	4 Be 9.012 2	5 B 10.811 3	6 C 12.011 4	7 N 14.007 5	8 O 15.999 6	9 F 18.998 7	10 Ne 20.183 8										
3	11 Na 22.990 1	12 Mg 24.305 2	13 Al 26.982 3	14 Si 28.086 4	15 P 30.974 5	16 S 32.065 6	17 Cl 35.453 7	18 Ar 39.948 8										
4	19 K 39.098 1	20 Ca 40.078 2	21 Sc 44.956 3	22 Ti 47.88 4	23 V 50.942 5	24 Cr 51.996 6	25 Mn 54.938 7	26 Fe 55.847 8	27 Co 58.933 9	28 Ni 58.69 10	29 Cu 63.546 11	30 Zn 65.38 12	31 Ga 69.723 13	32 Ge 72.64 14	33 As 74.922 15	34 Se 78.96 16	35 Br 79.904 17	36 Kr 83.80 18
5	37 Rb 85.468 1	38 Sr 87.62 2	39 Y 88.906 3	40 Zr 91.224 4	41 Nb 92.906 5	42 Mo 95.94 6	43 Tc 98.906 7	44 Ru 101.07 8	45 Rh 101.07 9	46 Pd 106.36 10	47 Ag 107.868 11	48 Cd 112.411 12	49 In 114.818 13	50 Sn 118.710 14	51 Sb 121.757 15	52 Te 127.603 16	53 I 126.905 17	54 Xe 131.29 18
6	55 Cs 132.905 1	56 Ba 137.327 2	57 La 138.905 3	58 Ce 140.12 4	59 Pr 140.908 5	60 Nd 144.24 6	61 Pm 144.913 7	62 Sm 150.36 8	63 Eu 151.964 9	64 Gd 157.25 10	65 Tb 158.925 11	66 Dy 162.50 12	67 Ho 164.930 13	68 Er 167.259 14	69 Tm 168.934 15	70 Yb 173.054 16	71 Lu 174.967 17	72 Hf 178.49 18
7	87 Fr 223.019 1	88 Ra 226.025 2	89 Ac 227.033 3	90 Th 232.038 4	91 Pa 231.036 5	92 U 238.029 6	93 Np 237.048 7	94 Pu 244.041 8	95 Am 243.061 9	96 Cm 247.070 10	97 Bk 247.070 11	98 Cf 251.080 12	99 Es 252.083 13	100 Fm 257.103 14	101 Md 258.103 15	102 No 259.103 16	103 Lr 260.103 17	104 Rf 261.103 18



19. La caja mágica.

E. S. Miranda^a, D. A. García^a, V. G. Sánchez^{a,b}.

^aFacultad de Ingeniería-Departamento de Química- Universidad Nacional del Comahue.

^bInstituto de Investigación en Toxicología Ambiental y Agrobiotecnología, CITAAC (CONICET-UNCo), Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue, Buenos Aires 1400, 8300 Neuquén, Argentina.

Victoria Guadalupe Sánchez -

victoria.sanchez@fain.uncoma.edu.ar

LA CAJA MÁGICA

COMEDIA (2019)



Personajes

Ion magnesio

Ion óxido

Óxido de magnesio

Óxido cloroso

Óxido de magnesio y óxido cloroso

Dióxido de silicio

El/La Profesor/a

El/la profesor/a ingresa al aula con una caja, la apoya sobre el escritorio, la abre y comienza a sacar de adentro de ella algunas cosas que va dejando sobre el escritorio (tijeras, estructuras sin finalizar, lana, etc.). De repente se da cuenta que olvidó algo y se va del aula. Entonces de adentro de la caja salen el Mg^{2+} junto con el O^{2-} que por un momento sólo miran lo que hay alrededor. Entra en escena Cl_2O_3 .¹



¹ El video demostrativo se halla en <http://youtu.be/6Esm17xcDM4>

ESCENA I

magnesia, cloroso, silice, magnesion, cloresia, Profe.

ÓXIDO DE MAGNESIO: Ah bueno! ¿Qué onda? ¿Porqué vienen todos juntitos de la mano?

ÓXIDO CLOROSO: ¿Y como querés que vengamos si nosotros somos una molécula, compartimos electrones, estamos enlazados?... ¿y ustedes?... ¿están un poquito cargados o me parece?... ¿qué le pasa a este que tiene esa cara? (*refiriéndose al O^{2-}*).

ION MAGNESIO: Y qué esperabas si es un anión! Pero... qué te puedo decir...me robó los electrones y desde ese día me siento tan electrostáticamente atraído hacia él...(*suspira*), en fin...
- Che! ¿Vos no estabas la otra vez en el laboratorio de docencia haciendo reacciones?



ÓXIDO CLOROSO: ¿Yo? Ah no! Me debes haber confundido con uno de mis primos; es que somos cuatro óxidos de cloro por los estados de oxidación viste? Mira acá tengo una foto de nosotros (*saca un cartel donde están las fórmulas de los cuatro óxidos Cl_2O , Cl_2O_3 , Cl_2O_5 y Cl_2O_7*).

ÓXIDO DE MAGNESIO: Qué suerte! Me encantaría tener primos...
yo estoy en el grupo II, así que sólo soy yo.

- Estoy seguro que te conozco de otro lado ¿Pero de dónde?...(*piensa*)
¿No sos vecino mío por casualidad, no?

ÓXIDO CLOROSO: No!, nada que ver; yo soy un no metal del grupo
siete... lo que sí capaz alguna vez me viste porque no sé si te
diste cuenta que ambos estamos acompañados del mismo com-
pañero aunque nuestra relación es diferente a la de ustedes.

- No me dijiste como te llamabas...

ÓXIDO DE MAGNESIO: Vos tampoco...

ÓXIDO CLOROSO: Es que si bien tengo claro que soy un óxido áci-
do, tengo un tema con mi nombre porque me llaman de tantas
formas... que óxido cloroso, que óxido de cloro (III), que trióxi-
do de dicloro, y eso cuando me llaman los profes... ¡ni te digo
cuando me agarran los estudiantes! Un quilombo!

ÓXIDO DE MAGNESIO: ¡No te puedo creer!, me pasa igual... que
óxido de magnesio, que óxido de magnesio (II), que monóxi-
do de magnesio... ¿porqué será que los profes no se ponen de
acuerdo y nos dicen de una sola forma y ya?

*Ambos quedan pensativos por un momento y entra
en escena SiO₂ (lleva puesta la camiseta de la UN-
Co).*



DIÓXIDO DE SILICIO: Buenas tardes!, ¿qué les pasa que están tan pensativos?

ÓXIDO CLOROSO: Es que culpa de los profesores no sabemos ni quiénes somos, nos llaman de tantas formas diferentes... lo único que tenemos claro es que los átomos estamos tejidos al crochet.

DIÓXIDO DE SILICIO: Jajaj, ¡pero qué ignorantes!...¿no se dan cuenta que sólo somos representaciones? Y lo de los nombres es porque hay tres tipos de nomenclatura diferentes. Primero fue la nomenclatura clásica, es que antes no se conocían demasiados compuestos entonces se le ponía a cada cosa un nombre que bueno, no siempre tenía alguna relación con algo como el amoníaco, al menos en esta nomenclatura el parentesco con tus primos (*lo mira a cloroso*) lo tienen por el número de oxidación usando los términos hipo-oso; oso; ico y per-ico.

ÓXIDO CLOROSO: Aaahhhhhh... mirá...todos los días se aprende algo nuevo. Yo que pensé que eso era porque uno de mis primos siempre tiene hipo, el otro parece un oso y el otro habla todo el tiempo.

DIÓXIDO DE SILICIO: Después tenemos la nomenclatura de Stock que coloca nuestros números de oxidación entre paréntesis y con números romanos, y la más nueva, la sistemática o atomi-

cidad, que cuenta la cantidad de átomos y es la que utiliza la IUPAC.

ÓXIDO DE MAGNESIO:¿La qué?

DIÓXIDO DE SILICIO: La IUPAC, la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada.

ÓXIDO DE MAGNESIO Y ÓXIDO CLOROSO:¿Guauuuu!

DIÓXIDO DE SILICIO: Yo por ejemplo soy dióxido de silicio en la de atomicidad, óxido de silicio (IV) en Stock, pero a mí me gusta que me llamen ARENA...

ÓXIDO CLOROSO:¡ARENA!, buena... ¿quién sos?

Cl₂O₃ y MgO se miran y empiezan a cantar:"... el viento en la arena, sucundum, sucundum y el frío del mar... shalalalala."

DIÓXIDO DE SILICIO: Sigán, sigán nomás ¿quieren saber algo más?

ÓXIDO DE MAGNESIO:¿Qué cosa?

DIÓXIDO DE SILICIO:...todos nosotros pertenecemos a un mismo grupo.

ÓXIDO CLOROSO:¿Nos agrupan?

DIÓXIDO DE SILICIO: Sí, somos el grupo de los binarios, junto con los hidruros y las sales de hidrácido.

ÓXIDO DE MAGNESIO: ¿Binarios? que yo sepa binario es de dos, así que binario sería yo, vos tenes tres átomos y aquel cinco... de los hidruros y sales de hidrácido no digo nada porque no los conozco.

DIÓXIDO DE SILICIO: Pero que bruto! ¿porqué no vas a leer un poco el Chang, el Whitten, el Angelini o cualquier otro libro de química general? Binario se refiere a los compuestos formados por dos tipos de elementos diferentes, sin importar la cantidad que haya de cada uno de ellos.

ÓXIDO DE MAGNESIO: Aaaahhh, bueno perdón...señor sabelotodo.

DIÓXIDO DE SILICIO: Si estudiaran un poco más ustedes también sabrían. ¿Quieren que les diga algo más? ¿conocen al agua?

ÓXIDO CLOROSO: ¿El agua?, me suena... esa que sale en youtube y que tiene un montón de increíbles propiedades?

ÓXIDO DE MAGNESIO: ¿Esa que es H_2O ?

DIÓXIDO DE SILICIO: Sí, esa.

ÓXIDO CLOROSO: ¡Sí!, yo la sigo en instagram...

DIÓXIDO DE SILICIO: Bueno, yo no tengo mucha onda con ella, pero ustedes... vos por ejemplo (*mira al MgO*) cuando te juntas con el agua pasas a ser un *hidróxido*.

ÓXIDO DE MAGNESIO: ¿Un hidróxido?

DIÓXIDO DE SILICIO: Sí, un compuesto ternario que tiene la forma $MetalOH$ y que tiene propiedades básicas.

ÓXIDO CLOROSO: ¿Y yo?

DIÓXIDO DE SILICIO: Vos con el agua formas *oxoácidos*.

Cl₂O₃ y MgO ríen a carcajadas...

ÓXIDO CLOROSO: ¿Y eso?

DIÓXIDO DE SILICIO: ...otros ternarios, que tienen la forma HXO, donde X es en general un no metal aunque a veces también los forman los metales de transición.

ÓXIDO CLOROSO: ¡Al menos decime que como ternarios tenemos un único nombre!

DIÓXIDO DE SILICIO: Jajjaa, lamento decirte que no! Vos pasarías a ser: ácido cloroso en la *clásica*, clorato (III) de hidrógeno en *numerales de Stock* y trioxoclorato de hidrógeno en *atomicidad*.

ÓXIDO CLOROSO: ¡¡¡Me estas jodiendo!!!

DIÓXIDO DE SILICIO: Uuhhh... ahora no sé si decirles...

ÓXIDO DE MAGNESIO Y ÓXIDO CLOROSO: ¿Decirnos qué?

DIÓXIDO DE SILICIO: Es que los veo tan alterados...

ÓXIDO DE MAGNESIO Y ÓXIDO CLOROSO: ¡¡¡Ahora decinos!!!

DIÓXIDO DE SILICIO: Les voy a decir, pero tómenselo con tranquilidad... si ustedes se combinaran, siendo ternarios, es decir hidróxido y oxoácido, darían lugar a una reacción química, una

reacción ácido-base y darían lugar a la formación de *oxosales*, otra del grupo de los ternarios.

ÓXIDO DE MAGNESIO: ¡¡Ah no, esto es too much!!

ÓXIDO CLOROSO: No puedo más... ¡se me explota la cabeza! Decime que no hay más, por favor te pido...

DIÓXIDO DE SILICIO: Mirá, si te soy sincero yo no los he visto, pero se dice que hay algunos que vienen de cuatro...

ÓXIDO DE MAGNESIO Y ÓXIDO CLOROSO: ¡¡CUATERNARIOS!!

DIÓXIDO DE SILICIO: ¡¡Shshshhs!! ¡¡cuidado que ahí viene!!

Las moléculas caen. Entra nuevamente el profesor/a, guarda las cosas que estaban desparramadas dentro de la caja, la tapa y dice:

EL/LA PROFESOR/A: No creo que esto me sirva para explicar nomenclatura... mejor traigo el cañón y les muestro el power point...

Bibliografía general

- Allendoerfer, C. y C. Oakley. *Fundamentos de Matemáticas Universitarias*. McGraw-Hill, 1995.
- Angón-Galván, P., N. F. Santos Sánchez y C. G. Hernández. «Índices para la determinación de las condiciones óptimas de maduración de un fruto.» En: *Revista Ciencia y Tecnología* 10.30 (2006), págs. 3-8.
- Anguiano, O. y col. «Acute toxicity and biochemical effects of azinphos methyl in the amphipod *Hyaella curvispina*». En: *Environmental Toxicology* 29.9 (2014), págs. 1043-1053.
- Aprendizaje (SENA), Servicio Nacional de. *Introducción a la industria de los aceites esenciales extraídos de plantas medicinales y aromáticas*. 2004. URL: <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/1643>.
- Arnáiz, F. J. y R. M. Pike. «Microescala en los laboratorios de Química. Una revolución imparable». En: *Anales de la Real Sociedad Española de Química* (1999), págs. 45-51.
- Atkins, P. y L. Jones. *Principios de química: Los caminos del descubrimiento*. 3ra. Editorial Médica Panamericana, 2006.
- Atkins, P., T. Overton y J. Rourke. *Química Inorgánica*. 4ta. McGraw-Hill Interamericana, 2006.
- Baschini, M. y col. «Peloides naturales y madurados en el Centro Termal Copahue, Neuquén, Patagonia Argentina.» En: *V CONGRESO IBEROAMERICANO DE PELOIDES, CIBAP 2017*. 2017, págs. 99-101.
- Bergaya, F., G. Lagaly y M. Vayer. «Cation and Anion Exchange». En: 2nd. Vol. 5. Elsevier, 2013. Cap. 2.11, págs. 333-359.
- Bradley, J. D. «UNESCO/IUPAC-CTC global program in microchemistry». En: *Pure Applied Chemistry* 73.7 (2001), págs. 1215-1219.

-
- Carrere, R. «Anacahuita (*Schinus molle*): la indígena mas popular». En: *Colección del Grupo Guayubira sobre especies indígenas* 15 (2009). URL: <http://guayubira.org.uy/monte/Anacahuita.pdf>.
- Carretero-León, I. y M. Pozo-Rodríguez. *Mineralogía aplicada. Salud y ambiente*. Ed. Paraninfo, 2007.
- Chang, R. *Química*. McGraw-Hill., 2010.
- Costa, L.G. «Basic toxicology of pesticides». En: *Occupational medicine (Philadelphia, Pa.)* 12 (abr. de 1997), págs. 251-68. DOI: 10.1016/B978-0-12-801238-3.00208-7.
- Elbe, J. H. von y S. J. Schwarz. «Colorantes». En: ed. por O. R. Fennema. 2.^a ed. Acribia Editorial, 2001. Cap. 10, págs. 773-854.
- Fennema, O. R. y S. R. Tannenbaum. *Introducción a la química de los alimentos*. Acribia Editorial, 1993.
- Fernández, C. L. y M. I. Aguado. «Aprendizaje basado en problemas como complemento de la enseñanza tradicional en Fisicoquímica». En: *Educación Química* 28.3 (2017), págs. 154-162.
- Ferrari, A. y col. «Antioxidant responses to azinphos methyl and carbaryl during the embryonic development of the toad *Rhinella (Bufo) arenarum* Hensel». En: *Aquatic Toxicology* 93.1 (2009), págs. 37-44.
- Fisher, M. *La capa de ozono. La tierra en peligro*. McGraw Hill, 1993.
- Flora, S. J. S. «Arsenic-induced oxidative stress and its reversibility». En: *Free Radical Biology and Medicine* 51.2 (2011), págs. 257-281. ISSN: 0891-5849.
- Flora, S. J. S. y col. «Arsenic induced oxidative stress and the role of antioxidant supplementation during chelation: A review». En: *Journal of environmental biology / Academy of Environmental Biology, India* 28 (mayo de 2007), págs. 333-47.

-
- Flores, E., C. Roque y R. Ochoa. «Química del color». En: *Revista de Química* 9.2 (1995), págs. 99-109. URL: <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/5551>.
- Fogantini, P. N. «Diseño experimental: Refracción de la luz». 2001. URL: <http://www.ib.edu.ar/becaib/cd-ib/trabajos/Fogantini.pdf>.
- García Manrique, C., G. Salazar Vela y M. Sánchez. «Microescala en el laboratorio de Química Orgánica: síntesis de fenacetina». En: *Enseñanza de las Ciencias Extra* (2005), págs. 1-4.
- Garzon, G. A. «Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revision». En: *Acta Biológica Colombiana* 13 (2008), págs. 27-36.
- Gil Pérez, D. y A. Vilches. «Una alfabetización científica para el siglo XXI: obstáculos y propuestas de actuación». En: *Revista Investigación en la Escuela* 43 (2001), págs. 27-37.
- Gómez-Sbrolla, N. *Propiedades adsorbentes de fangos y arcillas: aplicaciones en salud, ambiente y enseñanza*. Neuquén: FAIN - U. N. del Comahue, 2018.
- Greenbowe, T. URL: <https://chemistry.uoregon.edu/profile/tgreenbo/>.
- Guala, M. y col. «Efecto acaricida del aceite esencial de aguaribay (*Schinus molle*) y sus fracciones en colmenares de abejas (*Apis mellifera*) en relación con la composición química». En: *Información tecnológica* 25.2 (2014), págs. 151-156. URL: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext%5C&pid=S0718-07642014000200017%5C&nrm=iso.
- Guerrero Legarreta, I. y E. López Hernández. «Pigmentos». En: ed. por S. Badui Dergal. 4.^a ed. Pearson Educación, 2006. Cap. 7, págs. 401-444.
- Haynes, W. M. *Handbook of Chemistry and Physics*. 95.^a ed. CRC Press, 2014.

-
- La Vaccara Sandoval, F. A. *Determinación de Propiedades Intensivas en Sistemas Materiales: Índices de Refracción y Potenciales Nernstianos como casos Guía (Parte II)*. Dpto. Química - FAIN - U. N. del Comahue, 2016.
- León-Cedeño, F., M. Menes-Arzate y H. García-Ortega. «Síntesis de 5, 10, 15, 20-Tetrafenilporfirina y sus derivados metálicos. Experimento a microescala para el laboratorio de química orgánica heterocíclica». En: *Revista Cubana de Química* 18.2 (2006), págs. 140-143.
- Llanos-Arapa, S. K. «Extracción y caracterización del aceite esencial de molle (*Schinus molle L.*)» En: 2012. URL: <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2917>.
- Mainero, R. M. «¿Porqué microescala?» En: *Educación Química* 8.3 (1997), págs. 166-167.
- Maron, S. H. y C. F. Prutton. *Fundamentos de fisicoquímica*. Limusa S. A., 1993.
- Martínez Torregrosa, J. y col. «La integración de los trabajos prácticos en la enseñanza de la química como investigación dirigida». En: *Educación química* 23 (2012), págs. 112-126.
- Mayén Riego, M. «Prácticas de Química General Montes». ETSIAM - U. de Córdoba. 2013. URL: <http://www.uco.es/~qelmarim/Practical1.pdf>.
- Melgar, A. y col. «Un clásico de Química Orgánica en microescala y con fricción: la reacción de Cannizzaro». En: *Educación química* 21.2 (2010), págs. 178-182.
- Meroni, G., M. I. Copello y J. Paredes. «Enseñar química en contexto. Una dimensión de la innovación didáctica en educación secundaria». En: *Educación química* 26.4 (2015), págs. 275-280.
- Michele, D. de y col. «Análisis de las aguas minerales de la provincia de Entre Ríos, Argentina». En: *Balnea* 4 (2008), págs. 55-84.

-
- Molina, F. *Soil colloids properties and ion binding*. CRC Press, 2014.
- Moore, D. M. y R. C. Jr. Reynolds. *X-Ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals*. 2.^a ed. Oxford University Press, 1997.
- Mourelle Mosqueira, L. y col. *Curso de Termalismo. Peloides termales*. Servizo de Publicacións da Universidade de Vigo, 2008.
- Nickel, E. H. *The definition of mineral*. 1995. URL: [http://www.minsocam.org/msa/IMA/ima98\(04\).pdf](http://www.minsocam.org/msa/IMA/ima98(04).pdf).
- Padín, E. V. «Obtención, caracterización y determinación de la actividad antimicrobiana de la oleorresina de las bayas de Aguaribay (*Schinus molle* Linn.)» Tesis doct. Universidad Nacional de Quilmes, Bernal, Argentina., 2017. URL: <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/646>.
- Peredo-Luna, H. A., E. Palou-García y A. López-Malo. «Aceites esenciales: metodos de extracción.» En: *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos (TSIA)* 3.1 (2009), págs. 24-32. URL: <https://tsia.udlap.mx/aceites-esenciales-metodos-de-extraccion/>.
- Pérez-Farrás, L. E. *Teoría de la sedimentación*. Inf. téc. Instituto de Ingeniería Sanitaria, 2005.
- Petrucci, R. y col. *Química General*. 10ma. Prentice Hall, 2011.
- Porta-Casanellas, J., M López-Acevedo y C. Roquero de Laburu. *Edafología: para la agricultura y el medio ambiente*. 3ra. Mundi-Prensa, 1994.
- Pozo, J. I. «Enfoques para la enseñanza de la ciencia». En: Ed. Morata, 1997. Cap. 8. Teorías cognitivas del aprendizaje, págs. 265-308.
- Pozo, M. y col. «Cinética de enfriamiento de arcillas especiales para su empleo en peloterapia». En: *Macla* 6 (2006), pág. 3.

-
- Reglero-Rada, G. «Conceptos básicos. Importancia del AS en la industria alimentaria». En: *Curso de análisis sensorial de alimentos*. Ed. por CIAL-CSIC. Universidad Autónoma de Madrid, 2011. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/36089593.pdf>.
- Robinson, G.W. *Los suelos. Su origen, constitución y clasificación: introducción a la edafología*. Omega, 1960.
- Roca Jalil, M. E. «Estudios de adsorción de fármacos en soluciones acuosas sobre arcillas pilareadas.» Tesis doct. U. N. de San Luis, 2015.
- Rodríguez Ameijide, V. *Estudios de adsorción de colorante natural sobre arcillas naturales y sus aplicaciones en enseñanza de la química*. 2018.
- Rucks, L y col. «Propiedades físicas del suelo». En: *Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Departamento de Suelos y Aguas, Montevideo, Uruguay. Montevideo, Uruguay* (2004).
- Sanchez Juan, R. «La química del color en los alimentos». En: *Química Viva* 12 (2013), págs. 234-246.
- Silberberg, M. *The molecular Nature of Matter and Change*. 5ta. McGraw-Hill Higher Education, 2009.
- Souza Santos, P. de. *Ciências e tecnologia de argilas*. 1.^a ed. Vol. 1. Blücher, 1989.
- Strack, D. y V. Wray. «The Flavonoids». En: ed. por J. B. Harborne. Chapman & Hall, 1994. Cap. The Antocyanins, págs. 1-22.
- Tamir, P. y M. García. «Características de los ejercicios de prácticas de laboratorio incluidos en los libros de textos de Ciencias utilizados en Cataluña». En: *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas* 10.1 (1992), págs. 3-12.
- Timberlake, K. C. *Química General, Orgánica y Biológica*. Editorial Pearson, 2013.

-
- Urbina Vallejo, V. *Capítulo 5. Maduración de los frutos*. Inf. téc. Departamento de Hortofruticultura, Botánica y Jardinería - U. de Lleida, 2002. URL: ocw.udl.cat/enginyeria-i...1/1-6/monografia-no-6-cap.-5.-maduracion-de-los-frutos.
- Villalobos Delgado, V., J. Ávila Palet y S. L. Olivares O. «Aprendizaje Basado en Problemas en química y el pensamiento crítico en secundaria.» En: *Revista mexicana de investigación educativa* 21 (2016), págs. 557-581.
- Villalobos-Delgado, V., J. E. Ávila-Palet y S. Lizett-Olivares. «Aprendizaje basado en problemas en química y el pensamiento crítico en secundaria.» En: *RMIE* 69.21 (2016).
- Whitten, K. H. y col. *Química*. 10.^a ed. Cengage Learning Editores S. A., 2015.
- Yan, L., C. B. Roth y P. F. Low. «Changes in the SiO Vibrations of Smectite Layers Accompanying the Sorption of Interlayer Water». En: *Langmuir* 12.18 (1996), págs. 4421-4429.
- Young H. D. y Freedman, R. A. «Física Universitaria, con Física Moderna. Volumen 2.» En: Editorial Pearson Educación, 2009. Cap. 33. Naturaleza y propagación de la luz.