

Habilidades de pensamiento científico

Los diagramas heurísticos



JOSÉ ANTONIO CHAMIZO



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Química

Primera edición 2017 © D.R. Universidad Nacional Autónoma de México.
Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.

Responsable editorial: Lic. Brenda Álvarez Carreño.

Diseño de portada e interiores: Alejandro Quinto Campos.

“Hecho en México. Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio,
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales”.

ISBN: 978-607-02-9893-6



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Química

Habilidades de pensamiento científico

Los diagramas heurísticos



JOSÉ ANTONIO CHAMIZO

Primera edición: 2017
Fecha de edición: 12 de octubre de 2017
D.R. 2017 © UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán,
C.P. 04510, Ciudad de México.

ISBN: 978-607-02-9893-6

Tamaño: 2 MB
Tipo de impresión: (PDF)

“Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio, sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales”.

Hecho en México

ÍNDICE

Presentación	6
1. INTRODUCCIÓN	8
1.1 Sobre la alfabetización científica	8
1.2 Sobre el contexto	12
1.3 Sobre las ciencias y su enseñanza	16
2. HABILIDADES DE PENSAMIENTO CIENTÍFICO	22
2.1 Las preguntas	24
2.2 Los hechos	28
2.3 Los modelos	34
2.4 La argumentación	42
3. LOS DIAGRAMAS HEURÍSTICOS	52
3.1 Características generales	52
3.2 Ejemplos autoevaluados y comentados	60
4. CONCLUSIONES	82
5. NOTAS	84
6. REFERENCIAS	85
7. APÉNDICE	89

Presentación

“El razonamiento científico es una especie de dialogo entre lo posible y lo real, entre lo que podría ser y lo que en realidad es.”

–P. MEDAWAR, 1984

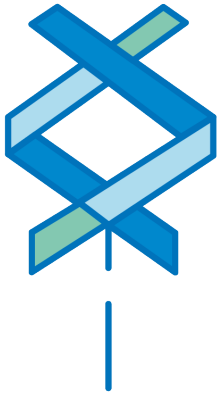
En un estado democrático, uno de los reclamos que hoy se hace a la educación es el de propiciar, específicamente en el campo de las ciencias, una formación científica y tecnológica para todos los ciudadanos. Lograr una ciudadanía con instrumentos suficientes para comprender el mundo que la ciencia y la tecnología han construido exige toda una serie de compromisos de las instituciones educativas de los estados. Para entender y evitar ser arrollados por los vertiginosos avances científico-tecnológicos, los resultados educativos deben indicar que los futuros ciudadanos serán capaces de leer, comprender y escribir adecuadamente, y de manejar los conocimientos básicos de las diversas disciplinas. Pero esto no será suficiente si no tienen la capacidad de advertir los alcances del saber generado por las ciencias y la tecnología a nivel local, nacional y mundial. El futuro se llama incertidumbre y, ante él, las escuelas y las universidades deben de ser capaces no sólo de educar en términos generales y tradicionales, sino de expresar reflexivamente, es decir, de forma ética y crítica, los mundos de posibilidades que se están construyendo.

El presente texto aborda una breve discusión sobre el pensamiento científico en dos niveles. Por un lado, presenta los fundamentos teóricos que sustentan lo que aquí se ha llamado *diagramas heurísticos*, soportados en una amplia, reciente y especializada literatura pertinente para los profesores. Por otra, presenta ejemplos de su uso por alumnos de diversas procedencias, desde bachillerato hasta el posgrado. Este segundo nivel “operativo” puede abordarse sin el primero (aunque es recomendable su lectura) y es adecuado para el uso de los alumnos. Aquí se defiende que a través del uso de los diagramas heurísticos se construyen habilidades de pensamiento científico.

Agradezco a Alberto Basante su dedicación en este proyecto, con lo cual obtuvo su grado de químico, así como a los profesores Elizabeth Nieto, Yosajandi Pérez y Plinio Sosa, por el uso de los Diagramas Heurísticos en sus cursos, además, claro está, a todos los alumnos que con dedicación y paciencia los construyeron.

Este documento es uno de los productos del Proyecto PAPIME 27-RR207015.

JAC
2017



1.

Introducción

1.1

Sobre la alfabetización científica



Si los profesores engañan a los alumnos enseñándoles en teoría lo que no se puede hacer en la práctica, si los alumnos engañan a los profesores demostrando perfectamente cálculos teóricos sin poder llevar a la práctica las reacciones, si las autoridades docentes engañan a los dirigentes de la sociedad cumpliendo con una enseñanza teórica barata sin poder gastar lo que hace falta para una enseñanza práctica, si los administradores públicos engañan a los encargados de dar enseñanza exigiendo que sea barata sin aportar los recursos adecuados, entonces, todo lo anterior y todo lo demás sobra.

En cuanto a la enseñanza de la Química, el engaño mayor en que se puede incurrir es el de creer que se puede aprender Química en el pizarrón o en el papel sin la experimentación correspondiente. Mientras no se tenga una conciencia clara, por parte de todos, de que la Química se aprende manejando experimentalmente las sustancias químicas, será muy difícil progresar en serio. Esa manipulación experimental debe ir combinada con el estudio teórico en la mayor armonía posible, y debe quedar perfectamente claro, sin que ninguno nos llamemos a engaño, que sólo con lecciones teóricas no se puede enseñar Química.

—FRANCISCO GIRAL, 1969

La investigación educativa de los últimos años ha mostrado un gran interés en encontrar los mecanismos que permitan modificar la educación en ciencias, partiendo del consenso de que la enseñanza debería estar enfocada en la alfabetización científica y en el desarrollo de competencias, más que en la memorización de datos, fechas o fórmulas,¹ en lo que ha sido llamado *retórica de conclusiones*. Desde el ámbito académico, los esfuerzos se han enfocado en diversos aspectos, como el estudio de las ideas previas de los estudiantes, la manera de lograr el cambio conceptual, el diseño de unidades didácticas, la incorporación de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) y, fundamentalmente, al cambio curricular. Este cambio curricular implica la modificación del modelo tradicional de “ciencias a través de la educación” por uno más adecuado, basado en las necesidades sociales de la educación, que es el de “educación a través de la ciencias”.² De acuerdo con lo anterior, la educación del individuo es el objetivo y las ciencias no son más que un vehículo, es decir, las ciencias son parte de la oferta educativa de escuelas y universidades y sus contenidos sirven para

mejorar la educación del sujeto en los ámbitos social y personal. Es decir, no son los principios y conceptos científicos los que determinan la enseñanza, sino las necesidades, la motivación y los intereses de los estudiantes como miembros de una sociedad.³ Una modificación del currículo escolar bajo este esquema implica la inclusión, además de los temas disciplinares, de aspectos relacionados con la historia, naturaleza de las ciencias y el quehacer científico que contribuyan a la reflexión de los estudiantes sobre qué son, cómo se hacen y quiénes hacen las ciencias, así como la vinculación de todo ello con las problemáticas e intereses de su propio contexto de vida.⁴

Así, resultado principalmente de tres iniciativas multinacionales,⁵ poco a poco se fue aceptando y consensando que las ciencias se deben estudiar en la educación preuniversitaria y universitaria para alcanzar lo que se ha denominado *alfabetización científica*, en la que además de la habitual transmisión de conocimientos propiamente científicos se reconocen diversos actores: las ideas previas, ambos géneros, diferentes culturas, la naturaleza de las ciencias, así como la historia y la filosofía de las ciencias y de las tecnologías.⁶

Como sucede con el término *currículo*, el de *alfabetización científica* está sujeto a diversas interpretaciones. Además de la necesaria y específica para obtener un grado profesional, ya desde hace muchos años se identificaron al menos tres categorías de la misma, no necesariamente excluyentes:⁷

- Alfabetización científica práctica. Se refiere al conocimiento científico que ayuda a mejorar las condiciones de la vida cotidiana.
- Alfabetización científica cívica. Aquella que permite entender e intervenir en el debate político con criterios científicos.
- Alfabetización científica cultural. La que está motivada por el deseo de conocer las actividades científicas como logros humanos.

Esta división no debilitó el ambiguo concepto de alfabetización científica, sino que permitió que surgiera la necesidad de incluir en los currículos de ciencias, además de los conocimientos científicos, aspectos relacionados con la tecnología, la Sociología, la Filosofía o la Historia, a fin de lograr una mayor participación ciudadana en la toma fundamentada de decisiones.⁸

Con el paso de los años, el término *alfabetización científica* se volvió hegemónico entre la comunidad de investigadores educativos, pero no claro. Así, más recientemente se estableció⁹ una elegante dife-

rencia entre dos visiones sobre los propósitos de la enseñanza de las ciencias en permanente tensión:

- **Visión 1. *Internalista***, es decir, aquella que mira al interior de la ciencia misma, sus productos como las leyes y teorías y sus procesos, como la experimentación. Apela al funcionamiento disciplinar de la ciencia, donde se indica la relación entre la evidencia y la teoría, caracterizándola como un proceso encadenado de habilidades como son: observar, medir, experimentar, es decir, alrededor del denominado *método científico*.
- **Visión II. *Externalista***, aquella que mira a las situaciones en las que la ciencia tiene un papel importante que jugar, como es el caso de las decisiones sobre asuntos socio-científicos. Apela al entendimiento personal de la explicación de eventos en términos de influencias propias y culturales (incluyendo las científicas).

Hay una tendencia de los defensores de la Visión II, de pasar a la Visión I como resultado de la creciente influencia política ejercida por la comunidad científica profesional en los comités que definen los currículos de diversos lugares del mundo y que se concretan en la tradición de la enseñanza de las ciencias.¹⁰ Así, al asumir la Visión I, la mayor dificultad consiste en reducir la experiencia de los estudiantes sobre la amplitud del saber científico como una empresa humana. Entre la Visión I y la II, la distinción más evidente tiene que ver con la manera en la que los estudiantes conceptualizan y experimentan el carácter controversial de temas socio-científicos, asunto que a muchos parece superfluo.¹¹



1.2

Sobre el contexto



La ciencia ha contribuido inmensamente a nuestra tradición filosófica y cultural, esto es parte del “tejido” de la ciencia; demasiado a menudo, por desgracia, su enseñanza sólo presenta el “esqueleto” de la ciencia: ésta es una de las razones por las que la ciencia y la técnica avanzada se asocia a menudo con el fundamentalismo y el fanatismo religioso e ideológico. El “tejido” cultural tienen que ser parte de cualquier programa de ciencias serio, y de hecho, esto es ahora requerido en muchos currículos contemporáneos.

— MICHAEL MATTHEWS, 2008

La palabra contexto proviene del latín *contexere* que significa “tejer juntos” y, según indica el diccionario, remite a un entorno físico o a una situación determinada, ya sea política, histórica, cultural o de cualquier otra índole, en la cual se considera un hecho. También establece el sentido y valor de una palabra, frase o un fragmento. Tres aproximaciones extremas sobre la manera que se considera el contexto en la enseñanza de las ciencias han sido identificadas en el caso específico de la Química¹² y son:

Aproximación 1. El contexto como la aplicación directa de los conceptos. *Un uso común de la palabra contexto es para denotar la aplicación de los conceptos o las consecuencias de esa aplicación, para ilustrar su uso y significado. En términos prácticos, un plan de estudios basado en este modelo consiste en situaciones o acontecimientos extraídos de la presunta vida cotidiana, personal y/o social de los estudiantes y/o de las actividades industriales en las que los conceptos de las ciencias que se enseñan como abstracciones, entonces se aplican con el fin de que los estudiantes puedan comprenderlos más plenamente...*

Este tipo de modelo, por lo tanto, no cumple con los criterios para un plan de estudios basado en el contexto porque:

- *no introducirá a los estudiantes al desarrollo social, espacial, y el marco temporal de una comunidad específica de práctica;*
- *no proporciona una tarea de aprendizaje de alta calidad, debido a que los comportamientos del entorno son incompletos casi hasta el punto de la invisibilidad;*
- *no proporciona un vehículo para que los estudiantes adquieran el uso coherente de un lenguaje concreto; y*

- *requiere muy poco conocimiento previo del "contexto" que de ninguna manera es significativo.*

Como se puede reconocer, esta aproximación del contexto se relaciona con la visión internalista sobre la naturaleza de la ciencia.

Aproximación 2. El contexto como la reciprocidad entre conceptos y aplicaciones. *En este modelo no sólo son conceptos relacionados con sus aplicaciones, sino que también estas aplicaciones afectan el significado atribuido a los conceptos. El contexto está formado por la yuxtaposición del concepto y su aplicación en la estructura cognitiva de los estudiantes. El significado es creado por la adquisición de los aspectos relevantes de la estructura del conocimiento científico.*

Este mayor grado de reciprocidad en la relación entre conceptos y aplicaciones está parcialmente inferida en la amplia definición de los contenidos que se utilizan en el movimiento la Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS). Los contenidos en un plan de estudios de educación científica CTS se componen de la interacción entre la ciencia y la tecnología, o entre la ciencia y la sociedad, o cualquiera otra de las siguientes combinaciones:

- *un artefacto tecnológico, un proceso o una experiencia*
- *las interacciones entre tecnología y sociedad*
- *un problema social relacionado con la ciencia o la tecnología*
- *un contenido de las humanidades que arroja luz sobre un problema social relacionado con la ciencia y la tecnología*
- *una cuestión filosófica, histórica o social dentro de la comunidad científica o tecnológica.*

Esta aproximación se relaciona con la visión externalista sobre la naturaleza de la ciencia.

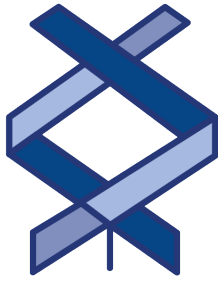
Aproximación 3. El contexto como las circunstancias sociales. *En esta perspectiva, la dimensión social de un contexto es esencial. Un contexto está situado como una entidad cultural en la sociedad. Se relaciona con los temas y las actividades de las personas que se consideran de importancia para su vida y de las comunidades dentro de la sociedad. Un contexto así puede ser, por ejemplo, el desarrollo tecnológico basado en la modificación genética, la investigación científica que se genera en ese campo y el debate sobre las implicaciones sociales de la tecnología subsiguiente. Otros ejemplos son las novedades relacionadas*

con el cambio climático global, la comida 'saludable' y la obesidad, y la 'economía del hidrógeno'...

Tal aproximación representaría un curso en el que:

- Los profesores y los estudiantes se ven a sí mismos como participantes de una "comunidad de práctica", con interacciones productivas sobre una base regular.*
- Esto se cumple más fácilmente cuando el curso se lleva a cabo en un sostenido entorno de indagación. El entorno de aprendizaje es proporcionado por una tarea o problema de tal naturaleza como para facilitar la participación comunal del maestro y los estudiantes ante una amenaza real, en oposición a una investigación artificial.*
- Los problemas a resolver deben ser ejemplificaciones claras de conceptos científicos importantes, que permitan a los estudiantes el desarrollo de lenguajes específicos.*

No hay una relación simple entre esta aproximación al contexto y las visiones internalista y externalista sobre la naturaleza de la ciencia, y que a partir del siguiente apartado reconoceremos como naturaleza de las ciencias, pero con importantes matices que apelan a la interculturalidad, se acerca a la visión externalista.



1.3

Sobre las ciencias y su enseñanza



Desde el punto de vista de la educación para la ciencia, esto no significa aprender esquemas para irlos a contar a la escuela, o a quien nos deba proporcionar trabajo (porque sería un engaño). Es preciso, en cambio, darse cuenta de que “educación científica” significa desarrollo de modos de observar la realidad, y de modos de relacionarse con la realidad; que esto implica y supone los modos de pensar, los modos de hablar, los modos de hacer, pero sobre todo la capacidad de juntar todos estos aspectos.

Es preciso, pues, estar dispuestos a cuestionar continuamente –a fondo y a cualquier edad– nuestra relación (de interpretación, discurso e intervención) con las personas y “los hechos de la vida”.

— MARIA ARCÀ, PABLO GUIDONI Y PABLO MAZZOLI, 1990

El currículo de ciencias fue ampliamente estudiado y discutido a principios de la Guerra Fría. Posteriormente, con el reconocimiento de la importancia de las ideas previas de niños y jóvenes sobre los conceptos de las ciencias, dio un giro que podría denominarse *psicologista*,¹³ pasando poco a poco del enfoque de conocimientos al de competencias. Así, el énfasis fue cambiando paulatinamente del conocimiento disciplinario creciente e inabordable, manifestado explícitamente en un único método científico, al de los principios de las ciencias, en los que se intentaban desarrollar habilidades. De este modo, se empezó a considerar a las ciencias como algo más que la actividad futura de los científicos. En otras palabras, la “educación científica” debe significar, no sólo la adquisición de conocimiento científico, muchas veces caracterizado como una “retórica de conclusiones”,¹⁵ sino también, el desarrollo de modos de observar la realidad y de modos de relacionarse con la realidad; lo que implica los modos de pensar, de hablar, de hacer, pero sobre todo, la capacidad de conjuntar todos estos aspectos. Con ello, se hace necesario estar dispuestos a cuestionar continuamente nuestra relación (de interpretación, discurso e intervención) con las personas y “los hechos de la vida”.¹⁶ Para ello hay que detenerse un momento en identificar dos posturas diferentes, dos alternativas sobre el conocimiento científico.

Hay una postura para estudiar las ciencias (particularmente cuando se habla de la ciencia) que las considera el producto de comunidades de científicos aislados de su entorno histórico-social. Esta postura, identificada como positivista, ha logrado consensos muy grandes en diversos países, incluyendo el nuestro. De manera muy general, para el positivismo lo importante es que hay un único método (llamado

científico), a través del cual se puede obtener conocimiento válido, y que este conocimiento es progresivo. En la segunda mitad del siglo pasado, el positivismo fue severamente cuestionado por filósofos, historiadores, sociólogos y también científicos, que reconocieron que dicha postura no correspondía a lo que ellos sabían y/o hacían en los laboratorios. Por otro lado, los post-positivistas asumen una postura que reconoce que hay diferentes ciencias con diferentes métodos de obtener conocimiento científico. No es lo mismo lo que hace un astrónomo (descubrir un planeta usando un telescopio) a lo que hace un químico (sintetizar moléculas que no existen en el universo, capaces de curar alguna enfermedad), por ejemplo. Además, consensaron que las ciencias progresan discontinuamente y que los científicos que las desarrollan no son ajenos al entorno histórico-social en el que están inmersos. Finalmente, identificaron que las diferencias entre las ciencias y las tecnologías (con las que se construyen, entre otros, los instrumentos que utilizan los científicos) no son tan amplias como defendía el positivismo (de hecho en la actualidad se habla de tecnociencias) reconociendo que hay intereses explícitos, generalmente políticos y económicos, en el desarrollo científico que conllevan importantes problemas éticos.

De la primera postura se deriva la creencia muy extendida entre muchos científicos de que la Biología se reduce a la Química y la Química se reduce a la Física. Es decir, los problemas de la Biología y de la Química se pueden resolver a partir de conocimientos puramente Físicos, lo cual la segunda postura rechaza, así como muchos e importantes filósofos de las ciencias. Por ejemplo, el argentino Mario Bunge indica:

A primera vista, la Química se incluye en la Física porque los sistemas químicos parecen ser un tipo especial de sistemas físicos. Pero esta impresión es incorrecta, porque lo que es físico respecto a los sistemas químicos son sus componentes en lugar del sistema en sí mismo, una vez que éste posee propiedades emergentes además de propiedades físicas.

Las propiedades físicas tienen que ver con el movimiento o con los fenómenos eléctricos o magnéticos, pero por sí solas son incapaces de dar explicaciones, por ejemplo, sobre las reacciones químicas, el sabor de los alimentos o la evolución.

Para concluir, hay que reconocer algunas de las principales características de las ciencias centradas en la segunda postura:

- El conocimiento científico busca ser objetivo. Lo anterior

significa que cuando trabajamos científicamente reunimos y examinamos hechos. De la investigación de estos hechos se obtienen conclusiones, es decir, idealmente una respuesta a una pregunta. Por ello, no importa quién repita una investigación ni en dónde lo haga: si sigue el mismo procedimiento, tiene los mismos instrumentos y materiales, el resultado es el mismo. Las ciencias son realistas, porque independientemente de nosotros y de cómo los conozcamos, el Universo y nuestros mundos son como son, es decir, reales.

- El conocimiento científico busca las causas. Es decir, considera que cada cosa, cada fenómeno, cada respuesta a una pregunta es el resultado de causas que pueden ser descubiertas. Por ello, las ciencias generalmente dividen los problemas complicados, las preguntas difíciles, en otras más pequeñas. Al hacerlo puede resolver cada fragmento de manera más fácil y luego, al unir las partes, puede dar respuesta a la pregunta original. El conocimiento científico busca regularidades. Una de las características del conocimiento científico es la búsqueda de las semejanzas, de los ciclos, de las regularidades, es decir, de aquello que se repite siguiendo un patrón semejante. Comparar datos, experimentos o procesos nos permite encontrar relaciones entre ellos, ya sea por semejanza o por diferencia. Una de las comparaciones más frecuentes y útiles es la que conocemos como medir. En las ciencias, como en muchas otras actividades cotidianas, para entendernos se habla no de números, sino de cantidades. Otra manera de expresar lo anterior es que las ciencias asumen que el mundo espacio-temporal puede ser descrito por leyes que siempre funcionan de la misma manera, es decir, que son consistentes. Las regularidades son la demostración de dicha consistencia y la medición es una manera de reconocerla.
- El conocimiento científico es tentativo. Esto es, a pesar de todo lo que se ha descubierto y hecho en el campo de las ciencias, tenemos hoy más preguntas que respuestas. Por ello, dentro de las diferentes ciencias modificamos ideas sobre el mundo espacio-temporal cuando se obtienen nuevas pruebas de aquello que es diferente a como en principio se pensaba que era. Es común que los científicos construyan

modelos acerca de los objetos o fenómenos que nos ayuden a comprenderlos más fácil. Un modelo es tanto más útil en la medida que represente lo más cercanamente posible a la realidad. Así, los modelos son, antes que nada, una mejor herramienta para responder las preguntas de las ciencias y, como tales, son tentativos y también reemplazables.

- El conocimiento científico está limitado por la sociedad en la cual se desarrolla. La sociedad en la que viven día a día las científicas y los científicos puede determinar o limitar el tipo de preguntas que se hacen o se pueden responder ellos mismos, además de influir en sus conclusiones. Esto se logra a través de la presencia o ausencia de programas educativos o de investigación científica, de reconocimientos o castigos a la misma actividad y de tolerancia o imposición de áreas de investigación. Las ciencias son, muchas veces, conocimiento público sujeto a comprobación por otras personas, generalmente científicos. Es esa posibilidad de repetir una y otra vez los experimentos o las observaciones en diferentes condiciones de tiempo y espacio, y validarlas comúnmente, lo que hace que el conocimiento científico sea objetivo y confiable. Por lo tanto, no se puede hablar de un científico solitario, sino de una comunidad de científicos que avalen, o no, los resultados de unos y otros. Las ciencias y las tecnologías que las acompañan (es decir, las tecnociencias) más que cualquier otra actividad humana son, ante todo, colectivas.

En la **Figura 1** se muestra el filtro del conocimiento científico, es decir, aquel que busca pasar de un conocimiento subjetivo individual y, generalmente, poco probado y por lo tanto poco confiable, a otro conocimiento objetivo, público (es decir, compartido por las comunidades científicas), probado, usado y en el que las sociedades tienen confianza.

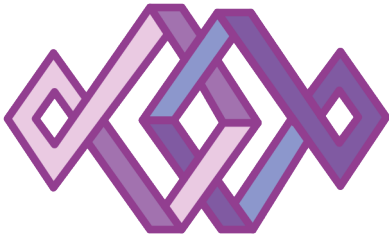


Figura 1. Filtro del conocimiento científico en el que se indica el camino del conocimiento no confiable al confiable.

Claro como lo es, en el filtro del conocimiento científico no está incorporada de manera explícita la aportación de la tecnociencia, por lo que habría que agregar algunas de sus características como las ha identificado el filósofo español Javier Echeverría. Así, la tecnociencia no es sólo la búsqueda del conocimiento científico (llamado por él *representacional*) sino ante todo:

- Un sistema de acciones eficientes, basadas en conocimiento científico que transforman al mundo espacio-temporal.
- Las acciones están desarrolladas tecnológicamente e industrialmente, y ya no versan sólo sobre la naturaleza, sino también se orientan a la sociedad y a los seres humanos, sin limitarse a describir, modelar o comprender el mundo espacio-temporal, sino tendiendo a transformarlo, basándose en una serie de valores. Por ello, se transforman otros mundos, por ejemplo, el de las mascotas.
- Por oposición a la ciencia positiva, la tecnociencia implica no sólo una profesionalización, sino una empresarización de la actividad científica.
- La tecnociencia, como la ciencia, también se enseña públicamente, pero a diferencia de esta última, el conocimiento tecnocientífico tiende a privatizarse.
- La tecnociencia no sólo es un instrumento de dominio y transformación de la naturaleza, sino también de las sociedades.

Basada en conocimiento científico, pero utilizado de manera privada, generalmente bajo la protección de las patentes, las industrias tecnocientíficas se ocupan de fabricar computadoras, teléfonos, nuevos materiales, alimentos transgénicos o medicamentos. Las industrias y laboratorios que las fabrican las venden... y algunos sólo podemos comprarlos... ¡o no!



2

Habilidades de pensamiento científico



La ciencia se originó a partir de la fusión de dos viejas tradiciones, la tradición del pensamiento filosófico que comenzó en la Grecia antigua y la tradición de la artesanía experta que comenzó incluso antes y floreció en Europa medieval.

La Filosofía proporcionó los conceptos para la ciencia, y las artesanías calificadas suministraron las herramientas.

Hasta finales del siglo XIX, la ciencia y la artesanía se desarrollaron por caminos separados.

Frecuentemente tomaban prestadas herramientas entre sí, pero cada una mantenía una existencia independiente.

Sólo en el siglo veinte la ciencia y las industrias artesanales se vincularon inseparablemente.

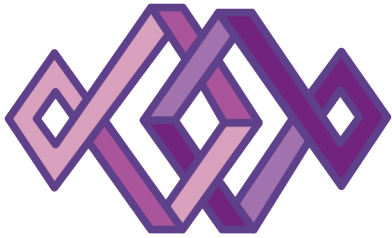
— F. DYSON, 1999

A pesar de requerir ciertas precisiones, el epígrafe del destacado físico inglés F. Dyson indica de manera muy clara que cuando se habla de la ciencia, en el siglo XXI se debe hablar de la tecnociencia o, mejor aún, de las tecnociencias.

Esta reunión de dos tradiciones tan separadas a lo largo del tiempo se inicia cuando las diversas sociedades humanas asumieron que no sabían, que ignoraban. La ignorancia puede enfrentarse de dos maneras:

Por un lado las grandes religiones afirmaban que todo lo que era importante conocer del mundo (y claro desde sus respectivas religiones, de los mundos) ya era conocido. Los individuos que necesitaran saber algo únicamente tenían que buscarlo en alguno de los textos sagrados y/o preguntarlo a alguno de sus sacerdotes. Además, si aquello que interesaba a algún individuo no estaba en los textos sagrados lo que impedía, en el mejor de los casos, al sacerdote dar una respuesta, quería decir que no era importante; es decir, la mayoría de los sucesos que ocurrían en los mundos. La diferencia entre los sacerdotes y los magos o hechiceros es importante. Los sacerdotes son intermediarios entre el único Dios todopoderoso o los diversos dioses, y los individuos que componen la sociedad. Por otro lado, los magos saben que hay relaciones de tipo causa-efecto y actúan sobre las causas para modificar o producir los efectos; de manera que los magos intervienen en su mundo según un ritual muy estricto, caracterizado históricamente y que en caso de no cumplirse correctamente no obtendrá resultados.

La otra manera de enfrentar la ignorancia, antes que nada admitiéndola, consiste en seguir, mejorar, extender y continuar el pensamiento mágico y convertirlo en científico.



2.1

Las preguntas



*Uno reconoce a las personas inteligentes por sus respuestas.
A los sabios se los reconoce por sus preguntas.*

— N. MAHFUZ, 1953

Las preguntas nacen generalmente de nuestra ignorancia, sobre algo que hay o acontece en alguno de los mundos en los que habitamos. Ya en la antigua Grecia, Sócrates prefirió las preguntas a las respuestas. Preguntar requiere movilizar conocimientos y habilidades que permiten reconocer la profundidad del saber. Recientemente, diversas investigaciones han discutido sobre la importancia de las preguntas en la enseñanza, pero es lo indicado por Gaston Bachelard, maestro de Química y filósofo de las ciencias lo que aquí nos guía:

Y dígase lo que se quiera, en la vida científica los problemas no se plantean por sí mismos. Es precisamente este sentido del problema el que indica el verdadero espíritu científico. Para un espíritu científico todo conocimiento es una respuesta a una pregunta. Si no hubo pregunta, no puede haber conocimiento científico. Nada es espontáneo. Nada está dado. Todo se construye.

Los problemas y su resolución, ya sea teóricos o experimentales, tienen una larga tradición en la enseñanza de las ciencias y hoy son motivo de diversas estructuras curriculares; particularmente, en la conocida como Aprendizaje por Resolución de Problemas (PBL, por sus iniciales en inglés), donde se indica que aquellos estudiantes que tradicionalmente memorizan información, resuelven ejercicios y repiten lo que sus maestros les dicen, no están preparados para el tipo de aprendizaje que les depara el mundo espacio-temporal, donde se aprende, aplicando sus conocimientos para resolver problemas. Como se ha indicado hace ya muchos años:¹⁷

La investigación científica es una tarea dirigida a la solución de problemas. La primera etapa en la formulación de la investigación es reducir el problema a términos concretos y explícitos... [...] ...Sin embargo, no hay una regla sencilla que oriente al investigador en la formulación de preguntas significativas acerca de determinada área de investigación. Aquí, la experiencia y el talento de la persona son de la mayor importancia.

Reducir el problema a términos concretos y explícitos es plantear una pregunta. Los investigadores educativos han establecido a lo largo de los años diversas taxonomías y/o clasificaciones de las preguntas. De todas estas clasificaciones se puede llegar a una en la que se considera a las preguntas de acuerdo con el tipo de información que se solicita y a la respuesta esperada, en "cerradas y abiertas", caracterizándolas de la siguiente manera:

- **Cerrada.** La pregunta solicita información textual de una sola fuente y la respuesta se encuentra en un solo lugar, es obvia, corta, con pocas palabras o números.
- **Abierta.** La pregunta solicita evidencias e información sobre la causa/efecto e información de dos o más fuentes, la respuesta es amplia, remite al análisis, apela a la organización de ideas, conceptos, hechos y establece relaciones entre ellas.

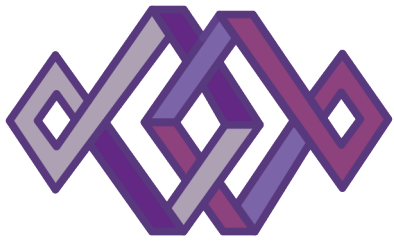
Ejemplo de las primeras son: ¿Cuántos años tienes?, ¿Quién inventó el telégrafo?, ¿Dónde está el Monumento a la Revolución? Ejemplos de las segundas se mostrarán más adelante.

Hacer preguntas abiertas es todo un arte que hay que ir refinando con la práctica. La experiencia es fundamental. Por lo pronto, los criterios que se muestran en la **Tabla 1** facilitan el camino.

Tabla 1. Criterios para la clasificación de las preguntas en cerradas o abiertas.

1.- La pregunta es clara y coherente	Sí	No
2.- Tiene contexto (relaciona los hechos en la pregunta)	Sí	No
3.- La pregunta solicita información de varias fuentes	Sí	No
4.- La respuesta que se espera es amplia	Sí	No
5.- La respuesta esperada remite al análisis, a la organización de ideas, de hechos, de conceptos o establece relaciones entre ellas	Sí	No

Por lo tanto la pregunta es:



2.2

Los hechos



Los hechos no son independientes de los observadores y sus teorías (o modelos) y prejuicios.

Sin embargo, en cualquier momento, en cualquier cultura, es generalmente posible que la mayoría de los observadores estén de acuerdo con un hecho.

Para decirlo de mejor manera los hechos son aquello en la que la mayoría de los observadores están de acuerdo.

— MARTIN Y INGE GOLSTEIN, 1987

Un hecho es un suceso particular, real o posible, que sucede en un determinado lugar y en un determinado tiempo histórico. Un hecho es real cuando afecta de una manera u otra, a algo o a alguien en los diferentes mundos. El sentido de este hecho es consensuado al interior de una comunidad humana, con lo que se vuelve público. Así, los hechos suceden en un contexto determinado y son públicos. Compartir un suceso, que de otra manera puede ser absolutamente individual, es lo que convierte el suceso en hecho.

Un hecho no es necesariamente sinónimo de verdad. Para una gran cantidad de personas es un hecho que la Tierra es plana y que el Sol gira alrededor de ella, como lo es también que las dos líneas horizontales de la siguiente figura tienen tamaños diferentes.

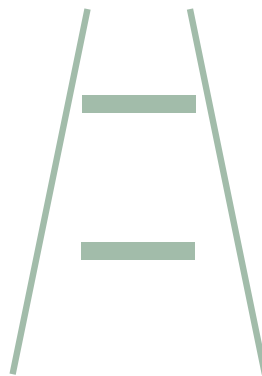


Figura 2. Dos hechos diferentes, uno de ellos puede ser sujeto a prueba.

A este último hecho se le puede enfrentar otro que consiste en medir ambas líneas y verificar que tienen el mismo tamaño. Los hechos sostenidos en pruebas aceptadas por una comunidad, una característica de las ciencias, tienen mayor valor. De este hecho se puede reconocer que, importantes como lo son, el conocimiento científico no necesariamente

empieza en los hechos.¹⁸

A pesar de lo que nos indica el sentido común y que muchas personas aceptan sin reflexionar no hay “hechos puros”. A lo largo de la historia de las ciencias y particularmente en aquellas de carácter experimental ha sido motivo, de una corriente de la filosofía, el defender el carácter neutro y objetivo de los hechos, como algo dado en el mundo espacio-temporal a todos y siempre por igual. A esta corriente se ha contrapuesto otra que indica que cuando se sabe qué hechos medir, de entre todos los que se presentan en el mundo espacio-temporal, y cómo medirlos requiere alguna presuposición sobre la naturaleza misma de los hechos. De los millones de millones de millones de sucesos que suceden todos los días, sólo unos cuantos son hechos (en la medida que son compartidos por sociedades humanas) y los menos son producto intencional de la voluntad humana. Estos últimos hechos son “hechos”. No se pesa con relojes, ni se toma el tiempo con balanzas. Ni los relojes o las balanzas crecen “naturalmente” en los árboles, como tampoco alguien encontró los relojes o las balanzas en el fondo de una mina (que por otro lado también fue hecha). Hay un mundo espacio-temporal dado a todos, que comúnmente llamamos mundo físico o naturaleza, y otro construido por algunos, a veces para todos.

Los “hechos” son centrales en el entendimiento del mundo. Como lo dijo el filósofo austriaco L. Wittgenstein: “El mundo es todo lo que sucede. El mundo es la totalidad de los hechos, no de las cosas”. Lo anterior indica que lo que llamamos mundo no corresponde únicamente a las cosas espacio-temporales que nos rodean ahora, o que ocupaban un lugar hace millones de años en el súper-continente llamado hoy Pangea, o alguna luna que orbite un planeta, aún por descubrir en una galaxia ignorada. El mundo azteca no era sólo piedras, copal o plumas, sino también pirámides, *tlémaitl* y penachos, además del *calmecac*, los templos y los mercados, y las relaciones mutuas que se daban entre los habitantes que habitaban la gran Tenochtitlan (aztecas o no)... es decir, la totalidad de los hechos que caracterizaba al mundo azteca.

Así, en la primera mitad del siglo XVII, Galileo, enfrentado a la Inquisición (según nos relatan diversos textos) dijo: “Sin embargo, se mueve”, refiriéndose al movimiento circular de la Tierra alrededor del Sol, contrario a lo que aceptaba la iglesia católica y que confirmaba el sentido común, y que era un hecho, es decir, que la Tierra estaba en el centro del Universo y que el Sol era el que giraba alrededor de ésta. Desde entonces, ocupando un lugar central, los hechos objetivos, obstinados e insensibles a las razones humanas aparecieron acompañando a lo que conocemos como ciencias modernas. Galileo no fabricó el

movimiento de la Tierra alrededor del Sol, no hizo un experimento, más bien descubrió que el suceso individual y real de la noche y el día tenía otra explicación a la que entonces se daba y por la cual fue perseguido por la Inquisición. Galileo no estaba equivocado. En la práctica astronómica que él inició usando los recién inventados (por él) telescopios, los hechos son abrumadoramente externos, no se puede intervenir en ellos y prevalecen.

Por otro lado y poco más de mil años antes, los alquimistas, los primeros que trabajaron sistemáticamente en laboratorios, produjeron los hechos experimentales, es decir, aquellos que son producidos con dispositivos (equipos, instrumentos, reactivos) destinados a obtener respuestas a preguntas hechas por los humanos. Por ejemplo, en el mismo siglo XVII se generó una importantísima disputa entre dos grandes pensadores de la época, sobre la bomba de vacío. Por un lado, el filósofo mecanicista R. Boyle y, por el otro, el influyente pensador político T. Hobbes, crítico de la experimentación sistemática. Lo que se discutía era el valor del conocimiento que se podía obtener de un experimento. Boyle sostenía que los hechos podían ser fabricados por instrumentos como la bomba de vacío, de manera que diversas autoridades reconocidas (arzobispos católicos en el conocido caso de von Guericke o caballeros en Inglaterra) pudieran ser testigos de los experimentos y, coincidiendo en sus conclusiones, alcanzar un nuevo conocimiento. En oposición a lo anterior, Hobbes buscaba en las leyes naturales las explicaciones adecuadas, lo que colocaba a los experimentos como productos artificiales y poco confiables de un gremio exclusivo, el de los científicos. Poco a poco Boyle, con la ayuda de R. Hooke, perfeccionó el instrumento, enfrentando así muchas de las objeciones experimentales que Hoobes había manifestado (resultado de errores en el diseño, la construcción o la operación de la bomba de vacío) y con el apoyo de la recién establecida Royal Society estableció la primacía del experimento (mejor dicho de las regularidades experimentales) y de los hechos empíricos sobre las certezas deductivas de la filosofía natural. Se podían fabricar hechos experimentales que un instrumento adecuadamente calibrado corroboraba.

En su raíz etimológica, la palabra "hecho" (del latín *factum*) designa acción, producción, fabricación. Decir que los hechos se hacen, se producen o fabrican es una redundancia, pero dadas las confusiones alrededor de su significado, particularmente después de Galileo, es indispensable ser redundante. Así, como lo sabe todo estudiante de ciencias naturales cualquier hecho experimental requiere del que lo hace, produce o fabrica (el experimentador), la preparación, el ajuste y

la medición adecuados.

Alrededor de esta discusión sobre los hechos "hechos" hay un antiguo problema, central para los científicos, en particular para los químicos, y es el que opone lo natural y verdadero a lo artificial y fabricado. Es aquí donde aparece el problema cuando algo está hecho o fabricado, además de que actualmente tiene menor valor, hay que identificar las intenciones, los propósitos del fabricante. Lo anterior es importantísimo, particularmente en los tiempos modernos, cuando casi todo lo que nos rodea está "hecho". Por ejemplo, se tiene la siguiente noticia de periódico:¹⁹

El ex presidente norteamericano G. Bush reconoció explícitamente la falsedad del pretexto con el que se justificó la invasión de Iraq. El 21 de agosto de 2006, cuando las bajas de los soldados estadounidenses en Iraq empiezan a crecer además del mucho mayor número de civiles iraquíes muertos, Bush reconoce en una rueda de prensa en la Casa Blanca que Sadam Husein no tenía armas de destrucción masiva. El gobierno de los Estados Unidos fabricó las pruebas, que presentó en la ONU, para iniciar la guerra en Iraq.

Al reconocer intenciones y propósitos se acepta que éstos son o pueden ser diferentes en diversas sociedades humanas. Por ello, lo que hay que preguntar es ¿qué práctica social es la que permite fabricar uno u otro hecho?, y más aún ¿el hecho se fabricó bien o mal?

De los muchos hechos que caracterizan algún acontecimiento o una coyuntura sólo algunos son relevantes para una determinada investigación. Los acontecimientos, generalmente de corta duración, poseen un carácter excepcional, mientras que las coyunturas de corta a mediana duración (hasta de una generación) marcan, por ejemplo, las crisis económicas o artísticas o las revoluciones políticas o científicas. Así, para la Independencia de México un hecho relevante es el Grito de Dolores de Miguel Hidalgo, el 15 de septiembre de 1810, y no lo es saber lo que desayunó el día anterior (este último fue un hecho porque seguramente compartió el desayuno). El problema fundamental es escoger de entre la multitud de hechos aquellos pocos, dos o tres, relevantes para la investigación que se intenta realizar.

Continuando con el ejemplo anterior, si la investigación es sobre la Gue-

rra de Independencia en México son hechos irrelevantes los siguientes:

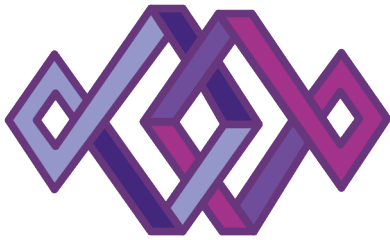
- El nombre del ama de llaves de Miguel Hidalgo.
- El nombre y lugar de procedencia de los campesinos que acompañaron a Hidalgo.
- El color favorito de Ignacio Allende.
- El número de botas que tuvo José María Morelos.
- La frecuencia con la que Vicente Guerrero se lavaba los dientes.

Y son irrelevantes porque la investigación no es sobre la salud dental de Guerrero, ni sobre los hábitos de vestimenta de Morelos o los gustos estéticos de Allende (que en caso de que así fuera, serían relevantes), sino sobre la Guerra de Independencia de México. Por ello es fundamental precisar el contexto en el cual los hechos son relevantes.

Por otro lado, son relevantes:

- El número de soldados que tenía el ejército realista.
- Las municiones con las que contaba el ejército independiente.
- La previa independencia de los Estados Unidos de Inglaterra en 1776.
- La conquista, en esos años, de España por el ejército napoleónico.
- La desigualdad social en la Nueva España.

Resumiendo, los hechos suceden en un contexto determinado y son públicos. De todos ellos hay que escoger los relevantes para construir una pregunta que concrete un problema.



2.3

Los modelos



Hacemos modelos en ciencia, pero también en la vida corriente.

El realismo “dependiente del modelo” se aplica no sólo a los modelos científicos, sino también a los modelos mentales conscientes o subconscientes que todos creamos para interpretar y comprender el mundo cotidiano...

Nuestra percepción no es directa, sino más bien está conformada por una especie de lente, a saber, la estructura interpretativa de nuestros cerebros humanos.

—S. HAWKING Y L. MLODINOW, 2010

La palabra *modelo* es polisémica; se ha empleado y se emplea aun con sentidos diversos. Por un lado es ejemplar, es decir, indica aquellas cosas, actitudes o personas que se propone imitar. La valentía de un guerrero, la inteligencia de un sabio, la solidaridad de un médico, la velocidad de un corredor o la belleza de una mujer son ejemplos de modelos en este sentido. En el presente texto se emplea la palabra modelo en su otro y también generalizado sentido. Así, aquí:

Los modelos (**m**) son representaciones, basadas generalmente en analogías, que se construyen contextualizando cierta porción de los mundos reales (**M**), con un objetivo específico.

En esta definición, todas las palabras son importantes: las representaciones son fundamentalmente ideas, aunque también pueden ser objetos materiales. Las representaciones no son autoidentificantes, lo son de alguien que las identifica como tal. Una analogía está constituida por aquellos rasgos o propiedades que sabemos similares en **m** y **M**. “Que se construyen contextualizando” remite a un tiempo y lugar históricamente definido, lo que además enmarca la representación. Como los modelos se construyen, son productos culturales humanos. Por otro lado, “cierta porción de alguno de los mundos reales” indica su carácter limitado y “con un objetivo específico” establece su finalidad general, pero no necesariamente, el explicar. Hay que recordar que la explicación es una de las más significativas características de las ciencias.

Obviamente, los modelos lo son de “algo”. “Algo” que se encuentra en uno de los mundos reales.²⁰ “Algo” que es el mundo. Ahora bien, los mundos reales (**M1**, **M2**, **M3**, etc.) son tantos y tan extraordinariamente complejos, en cada objeto (como un automóvil o un puente) o fenómeno (algo que sucede y que es percibido, como la lluvia, la digestión o

la aspirina) o sistema (el conjunto de cosas que se relacionan entre sí y funcionan juntas integralmente, como algunos mapas del metro, una disolución o el sistema solar) influyen tantas y tan diversas variables que para intentar entenderlo los relacionamos con sus respectivos modelos (m). Como todo alumno de Química sabe, hay diferentes modelos m (m1, m2, m3, etc.) para representar una porción de los mundos reales M (M1, M2, M3, etc.) que llamamos gas, cada uno con sus propias características, simplezas o complejidades u otra porción del mundo M que llamamos átomo u otra más que llamamos ácido como puede verse en la **Tabla 2:**

Tabla 2. Ejemplos de modelos químicos.

Modelos de gases	Modelos de ácidos y bases (periodo histórico)
<p>Ideal $PV = nRT$</p>	<p>Lavoisier (1ª Revolución Química) Oxígeno, productor de ácidos.</p>
<p>Van der Waals</p> $RT = \left(P + \frac{a}{V_m^2} \right) (V_m - b)$	<p>Arrhenius (3ª Revolución Química) Un ácido es cualquier sustancia capaz de ionizarse en agua cediendo un protón H⁺, y una base es aquella que se ioniza cediendo un oxhidrilo OH⁻.</p>
<p>Clausius</p> $RT = \left(P + \frac{a}{T(V_m + c)^2} \right) (V_m - b)$	<p>Bronsted-Lowry (3ª Revolución Química) ácido + base \rightleftharpoons base conjugada + ácido conjugado La base conjugada es el ion o molécula que queda después de que el ácido ha perdido un protón, y el ácido conjugado es la especie formada de la base al aceptar el protón.</p>
<p>Virial</p> $PV_m = RT \left(1 + \frac{B(T)}{V_m} + \frac{C(T)}{V_m^2} + \frac{D(T)}{V_m^3} + \dots \right)$	<p>Lewis (3ª Revolución Química) Un ácido es una sustancia capaz de aceptar un par de electrones. Una base es una sustancia capaz de donar un par de electrones.</p>
<p>Beattie-Bridgman</p> $P = \frac{RT}{v^2} \left(1 - \frac{c}{vT^3} \right) (v + B) - \frac{A}{v^2}$	<p>Pearson (4ª Revolución Química) Equilibrio. Ácidos duros prefieren asociarse con bases duras y ácidos blandos con bases blandas. Cinética. Ácidos duros reaccionan más rápidamente con bases duras y ácidos blandos lo hacen con bases blandas.</p>

En la construcción de los modelos o modelaje es importante distinguir entre aproximación e idealización. La aproximación no incluye todas las propiedades que se reconocen en un objeto, fenómeno o sistema, es

decir, elimina algunas de esas propiedades; por ejemplo, la omisión de fuerzas intermoleculares en el modelo de gas ideal o la consideración de disoluciones iónicas infinitamente diluidas (con lo cual se asume que los iones no interactúan entre sí) en el modelo de Debye-Huckel. La idealización, por su parte, caracteriza un objeto, fenómeno o sistema distorsionándolo deliberadamente; por ejemplo, asumiendo que los electrones son sólo puntos o también los ligantes (iones o moléculas en los compuestos de coordinación) en la "teoría" de campo cristalino. Esta distorsión no permite que la representación sobre la porción del mundo que hace sea fiel, pero puede ser útil.

Hay que aclarar que los modelos no guardan únicamente una relación pasiva con el objeto, fenómeno o sistema del mundo que representan, también, en Química se ejemplifica contundentemente, pueden ser instrumentos de investigación, intermediarios para intervenir en él.

De manera abreviada los modelos (**m**) que construimos son nuestros intermediarios con el mundo real (**M**) y su relación con éste es bidireccional, ambos pueden modificarse, el mundo y nosotros. Como lo indica el químico y filósofo Rom Harré:

Un objeto, real o imaginario, no es un modelo en sí mismo. Pero funciona como modelo cuando se le ve relacionado de alguna manera con otras cosas. Así, la clasificación de los modelos es finalmente una clasificación de la manera en que las cosas y los procesos pueden funcionar como modelos.

Los modelos pueden ser: *mentales* y *materiales*. Los *modelos mentales* son representaciones plasmadas en la memoria episódica (aquella de largo plazo, explícita y declarativa) construidos por nosotros para dar cuenta de (dilucidar, explicar, predecir) una situación. Los *modelos materiales* (que también pueden ser identificados como prototipos) son a los que tenemos acceso empírico y han sido construidos para comunicarse con otros individuos. Los *modelos materiales* son los *modelos mentales* expresados a través de diferentes maneras y por ello pueden ser simbólicos (lenguaje), experimentales (por ejemplo las ratas Sprague-Dawley o el aparato de Urey-Miller) e icónicos (imágenes, desde cuadros a fotografías, diagramas y también maquetas como la famosa del ADN de Watson y Crick).

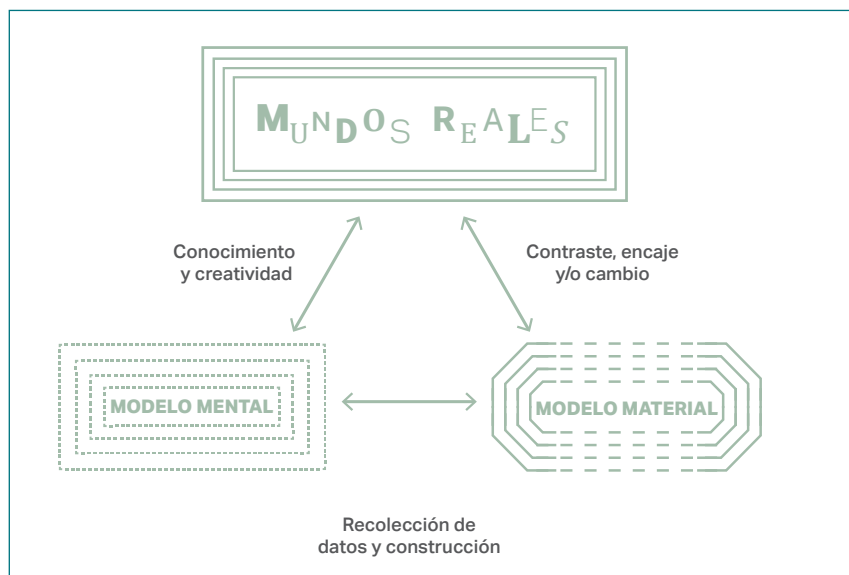


Figura 3. Los complejos y diversos mundos reales del cual, a través del proceso de modelaje (en flechas), se construyen inicialmente modelos mentales y luego modelos materiales. Algunos de los modelos materiales experimentales pueden modificar los mundos reales.

Por último, es pertinente recordar que la palabra *modelo* está entre las diez más frecuentes en los títulos de artículos de Física, Química, Biología y Medicina. Los científicos (y también los economistas, los sociólogos, los antropólogos, etc.) construyen modelos sobre una determinada porción del mundo y son dichos modelos, sus ventajas y desventajas, lo que reportan a sus colegas.

En la historia también se construyen modelos que, aproximando o idealizando la realidad de los hechos conocidos, permiten dar explicaciones sobre los acontecimientos del pasado. Hay diferentes modelos del comercio en el mundo de la antigua Roma o de la producción de herramientas en el mundo de los talleres medievales europeos o de las actividades en el *calmecac* del mundo azteca.

Finalmente, como lo dijo el historiador de las ciencias Horace F. Judson, hace casi cuarenta años, haciendo notar antes que cuando dice “-Física Teórica, Ingeniería Química, Ecología, Psicología Social, Economía-” se está refiriendo a lo que aquí he llamado *diferentes mundos*, porque además habría que precisar el momento histórico, la ubicación geográfica y si se hace en un laboratorio público u otro privado (tecnociencia) por las variables que hay que considerar:

Si se escucha a los científicos hablar sobre su trabajo, cualquiera que sea el campo –Física Teórica, Ingeniería Química, Ecología, Psicología Social, Economía– hablarán de sus modelos. Emplean la formulación de modelos en muchos sentidos que se superponen. Pero nunca se refieren a algo completo en todos los detalles posibles... En ciencia e ingeniería lo que siempre se da a entender es que el modelo hace a un lado los detalles triviales y se concentra en las características importantes, útiles y trascendentales de la cosa modelada... Escúchese como hablan los científicos que ganan el Premio Nobel al explicar su trabajo. Como parte de las ceremonias del Nobel en Estocolmo, en diciembre de cada año, todos los ganadores del premio hacen una alocución a su obra y hay un sorprendente número de esas alocuciones que han versado sobre la formulación de modelos. “El arte de la construcción de modelos es la exclusión de partes reales pero insignificantes del problema” dijo P. Anderson, físico del estado sólido, de los Bell Telephones Laboratories, en su alocución para el Nobel de 1977... Un modelo no siempre es sólo un escalón en el ascenso hacia una teoría, sino que el modelo puede ser una teoría. Linus Pauling quiso saber cuál era la estructura de las moléculas de las proteínas. Durante más de 10 años fue acopiando un conjunto de hechos seguros sobre su comportamiento y sobre los detalles estructurales de sus partes componentes. Luego, un día que estaba resfriado observó precisamente el esqueleto de una posible estructura básica de las cadenas de proteínas. Su teoría adoptó la forma de un dibujo (lo que aquí se denomina modelo material icónico) que plegó en un modelo tridimensional más sencillo que un aeroplano de papel. Luego, con sus colegas, comprobó la teoría con un modelo a escala más exacta, con bolas que representaban átomos. A esta estructura le dio el nombre de hélice alfa. El modelo explicaba los hechos que poseía. Éste predijo nuevos hechos. Al publicarlos contribuyó a que otros muchos químicos llevaran a cabo experimentos que corroboraran las predicciones del modelo de Linus Pauling (hay que agregar que ese modelo fue una de las razones por las que se le otorgó el Premio Nobel de Química en 1954).

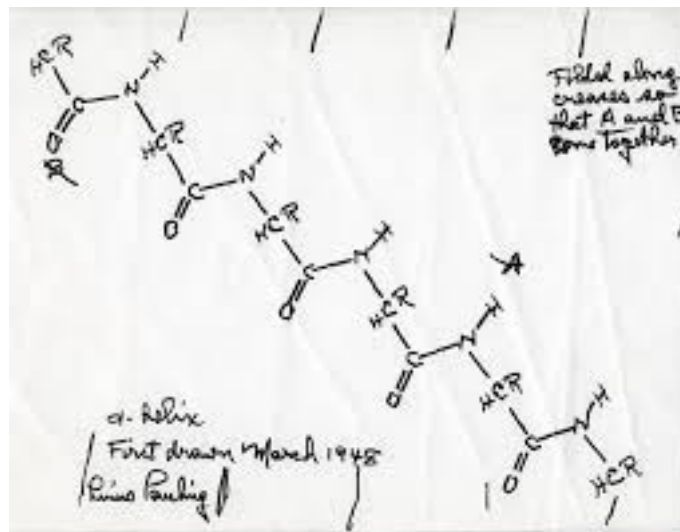
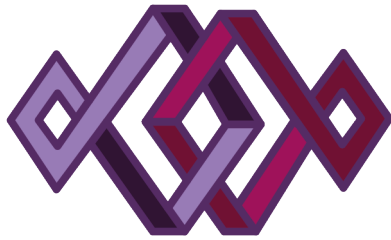


Figura 4. Modelo material icónico de la hélice α de las proteínas.

En los últimos años, se ha reunido una importante cantidad de investigación educativa alrededor del uso y entendimiento de los modelos en las aulas.²¹ Ya no hay ninguna duda sobre la importancia de su enseñanza.



2.4

La argumentación



Argumento. Razones que sustentan una conclusión.

No debe confundirse con el anglicismo “argumento”, propio del periodismo: en este caso el término significa “disputa”; por ende, la severación y la contraaseveración son en ella más comunes que el razonamiento.

Un argumento proporciona razones para tener por cierta una conclusión.

Por el contrario, una aseveración tan solo presenta una conclusión y no tenemos fundamentos específicos para tener por cierta esa conclusión.

—N. WARBOURTON, 2005

Como lo han demostrado aquellos antropólogos, en su minuciosa descripción del trabajo de investigación en los laboratorios de ciencias, lo que hacen los científicos es aclarar, de entre diversos y muchas veces confusos resultados, aquellos que parecen ser los más relevantes para resolver el problema en el que están trabajando. El mundo *no habla por sí mismo*. Para hacerlo argumentan, una y otra vez entre ellos, hasta que una postura resulta ser suficientemente convincente para “todos”. La práctica de las ciencias requiere de una argumentación racional. Por ello hay que aprender a argumentar de manera competente.

Por otro lado los filósofos de la ciencia indican:²²

Que la racionalidad científica requiere un debate colectivo que pretende llegar a un acuerdo colectivo también puede verse en la actividad que resuelve problemas de la ciencia. La solución a un problema científico es un argumento lógico en el cual se extraen conclusiones de premisas, y se aportan pruebas para demostrar que las conclusiones son de hecho verdaderas. La solución se califica examinando si la conclusión está implicada por las premisas y si la apoyan las pruebas. Es claro que si es propuesta una solución al mismo tiempo como lógicamente correcta y tácticamente verdadera, debe ser verificable por todos los científicos que trabajan en el campo.

De acuerdo con el Diccionario de la Real Academia Española de la Lengua,²³ un argumento es un “razonamiento que se emplea para probar o demostrar una proposición, o para convencer de lo que se afirma o se niega”.

El silogismo fue una de las aportaciones de Aristóteles a la cultura occidental como una forma lógica de argumentación y que consiste en dos proposiciones y una consecuencia. La primera proposición se *denomina mayor* o *general*, mientras que la segunda se llama *menor* o *particular*. De estas dos proposiciones se construye la deducción. Un ejemplo de silogismo clásico es: todas las sustancias están constituidas por átomos (primera proposición); el agua es una sustancia (segunda proposición); por consiguiente, el agua esta constituida por átomos.

A pesar de que esta forma de argumentar aún se utiliza en la actualidad, tiene un gran problema por su pretensión de universalidad que no siempre se puede sustentar y que se encuentra presente en la proposición mayor o general. Por ejemplo, el silogismo: todos los ácidos contienen oxígeno (proposición mayor), el ácido muriático (HCl) no contiene oxígeno (proposición menor); por consiguiente, el ácido muriático no es un ácido... es, para cualquier estudiante de Química, inaceptable. Por la anterior razón, el filósofo inglés J. Stuart Mill, a mediados del siglo XVIII, consideró a los silogismos estériles y propugnó por la inducción, como la forma científica de conocer.

Hay diferentes formas de argumentar según el campo del saber (las diferentes ciencias, las Matemáticas, el Derecho, la Ética) en el que se construye el argumento. Sin embargo, para el filósofo inglés Stephen Toulmin hay partes de los argumentos que son generales para todos los campos (que son las que aquí revisaremos) y otras particulares a cada campo.²⁴

Cuando una persona hace una afirmación y se compromete con lo que asevera su dicho, la seriedad con la que los demás tomen dicha aseveración dependerá de varios factores; por ejemplo, su reputación, su edad o sus títulos académicos, políticos o religiosos. Sin embargo, a pesar de lo anterior, la mejor forma de determinar si una afirmación debe ser considerada seriamente es revisando la base en la que se sustenta, desafiando sus "credenciales" y solicitando un argumento que la avale. Así, en principio, como un argumento es el conjunto de razones que se dan a favor o en contra de una aseveración, cuando la afirmación es puesta en duda, la persona que la hizo podrá apelar a los hechos y presentarlos para demostrar lo que ha dicho. Tomando en cuenta lo anterior, Toulmin distingue entre la conclusión (C) del argumento y los hechos a los que apelamos como sustento de nuestra conclusión (H).

Ahora bien, la conclusión de un argumento puede ser cuestionada no sólo a partir de los datos que la apoyan sino, por ejemplo, sobre cómo se llegó con esos datos a tal conclusión. Así, la tarea ya no es traer

a colación más datos, sino ciertas reglas o mejor, afirmaciones hipotéticas que funcionen como puentes entre los datos y la conclusión. Estas afirmaciones suelen ser de la forma: "dados los hechos H, se puede aceptar que C". Toulmin llamará a estas reglas o principios garantías (G). Con lo anterior, se tiene el primer esquema que permite analizar los argumentos. Con una flecha, Toulmin simboliza la relación que hay entre los hechos (H) y la conclusión (C) que sustentan. Por otro lado, Toulmin indica la garantía (G) que apoya tal vínculo entre datos y conclusión, escribiéndola debajo de la flecha. En la siguiente figura se muestra lo anterior, incluyendo las mismas aseveraciones utilizadas en el ejemplo del silogismo. He aquí una de las grandes ventajas para la enseñanza de las ciencias de la estructura de argumentación de Toulmin, que requiere, de manera general, para alcanzar una conclusión (o como se discutirá más adelante para refutarla) el empleo coordinado de la teoría (G) y de la evidencia empírica (D).

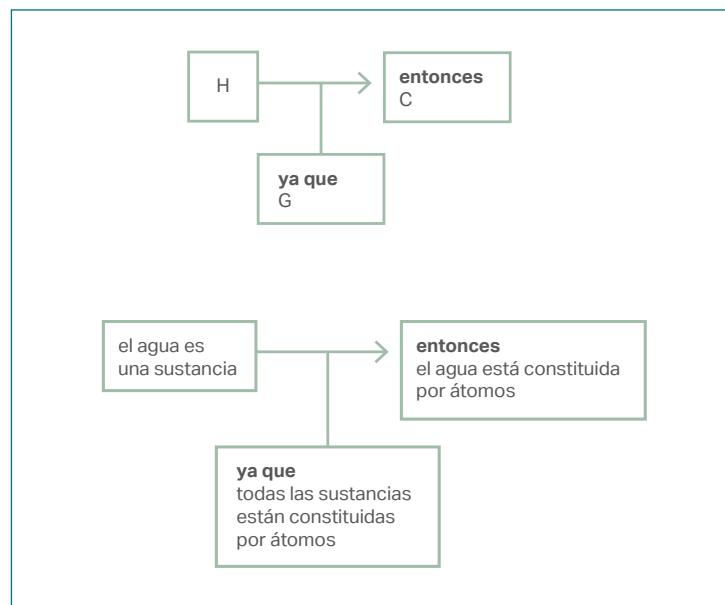


Figura 5. Hechos, garantía y conclusión de un argumento.

Hay que hacer notar que en los argumentos se apela explícitamente a los datos para justificar una conclusión. A la garantía se apela implícitamente. Las garantías, además, son generales y certifican la validez de todos los argumentos de un mismo tipo y son establecidas de forma muy distinta a los hechos que usamos como datos para sustentar nuestras conclusiones. Así, y esto es crucial, si en un campo de argumentación algún interlocutor no acepta ninguna de nuestras garantías, entonces será imposible someter los argumentos del campo en

cuestión a cualquier tipo de valoración racional. Si en el aula estamos dispuestos a tener una argumentación racional, hay que establecer de antemano la aceptación de las garantías.

Por lo anterior, habrá que mostrar explícitamente el grado de fuerza que los datos confieren a la conclusión, en virtud de la garantía que se aporta. Para ello la garantía debe tener sustento (S). Este sustento variará de un campo de la argumentación a otro, pero también excepciones y condiciones de refutación (R). Así un esquema completo, con su respectivo ejemplo, quedará como se muestra en la siguiente figura.

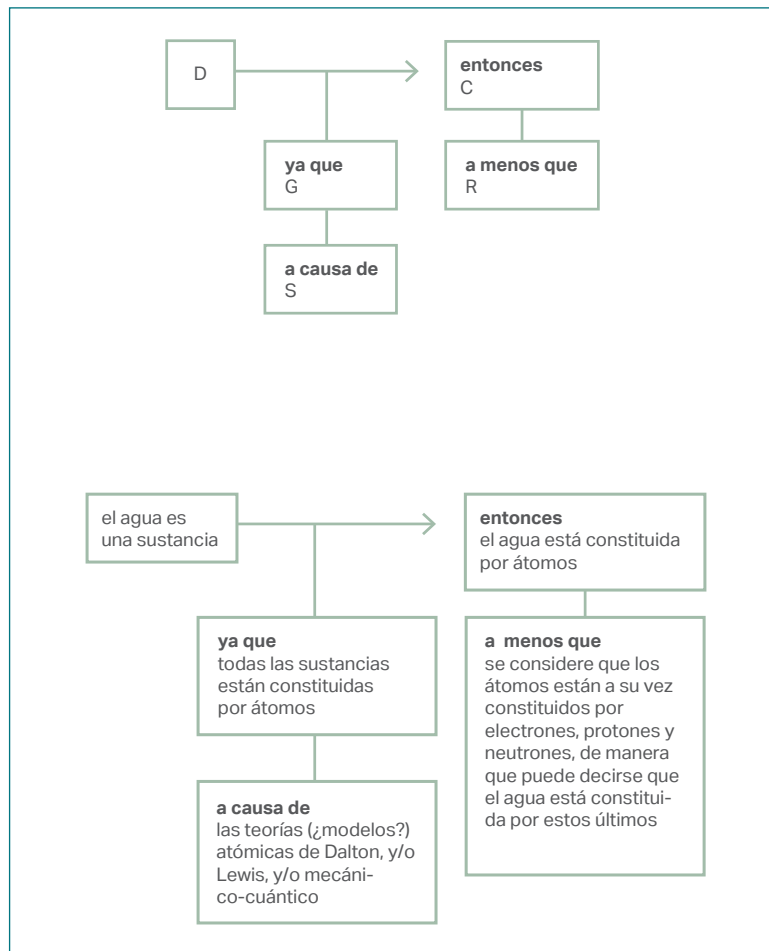


Figura 6. Esquema completo de un argumento.

El sustento de la garantía es bien distinto a la garantía. Esta última es una afirmación hipotética que sirve como puente entre los datos y la conclusión. En cambio, los sustentos de las garantías pueden ser expresados como afirmaciones categóricas de hechos, de manera muy similar a como se presentan los datos que apoyan las conclusiones. En ciencias,

el sustento es la teoría y los modelos que sostienen a la garantía.

La evaluación del nivel de competencia argumentativa se hace a partir del análisis de las argumentaciones escritas por los estudiantes identificando los diferentes componentes que estén conectados mediante relaciones lógicas correctas para, después, calificar la argumentación en función de la diversidad de los componentes utilizados.²⁵ Los componentes que se deben encontrar en las argumentaciones de acuerdo con la adaptación del modelo de Toulmin, son:

- **Hechos:** datos que sirven como base para la justificación y pueden ser de diferentes tipos: empíricos, hipotéticos, experimentales, etc.
- **Garantía:** reglas o principios que permiten pasar de los datos a la conclusión o afirmación de la argumentación.
- **Sustento:** los modelos que sostienen la garantía. Incorporando referencias.
- **Refutaciones u objeciones:** son razones que cuestionan la validez de alguna parte de la argumentación. Incorporando idealmente referencias.
- **Conclusiones:** afirmaciones o aseveraciones cuya validez se requiere demostrar.

Para determinar el nivel de competencia argumentativa se toman en cuenta las identificadas en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Niveles de competencia argumentativa.

Nivel 1	Una conclusión frente a otra conclusión
Nivel 2	Una conclusión frente a otra con hechos y justificación sin sustento ni refutación
Nivel 3	Argumentación completa con sustento y/o refutaciones débiles ocasionales
Nivel 4	Argumentación completa y fuerte

A continuación se presenta una rejilla que facilita el uso de la argumentación acompañada de dos ejemplos que tienen un nivel de competencia argumentativa igual a 4.

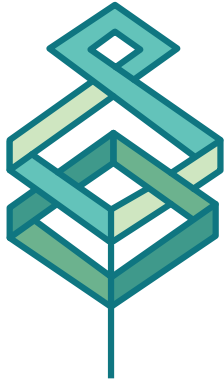
Rejilla Argumentativa de Toulmin (RAT)

Nombres:	
Hechos:	Garantía:
Conclusión:	
Sustento:	Refutación:
Argumentación completa:	
<p>Conclusión: Enunciado que debe ser sustentado o desaprobado.</p> <p>Hechos: Datos o informaciones (que pueden derivar de observaciones, experimentos, etc.) que se usan para evaluar una conclusión.</p>	<p>Justificaciones: Son razones (reglas, principios, modelos) que se proponen para relacionar los datos con la conclusión.</p> <p>Sustento: Modelo que sostiene la garantía con referencias.</p> <p>Refutaciones: son las excepciones a la conclusión pero que le dan fuerza</p>

Nombres: <i>Macario Sánchez y Patricia García</i>	
Hechos: <i>Se hicieron reaccionar dos sustancias A y B obteniendo una sustancia C y agua</i>	Garantía: <i>La reacción de un ácido y un alcohol forma un éster y agua</i>
Conclusión: <i>La sustancia C es un éster</i>	
Sustento: <i>Los esteres se forman por reacción entre un ácido y un alcohol en una reacción de condensación. En las reacciones de condensación, dos moléculas forman un producto más complejo con pérdida de una molécula pequeña, generalmente agua. En las reacciones orgánicas el agua se forma a partir del OH del ácido y del H del alcohol. Este proceso se llama esterificación.</i> <i>Phillips J., Strozak V., Wisntrom C. (2001) Química, conceptos y aplicaciones, McGraw Hill, México</i>	Refutación: <i>Que sea una reacción de neutralización donde A sea un hidróxido y B un ácido y se obtenga una sal y agua</i>
Argumentación completa: <i>Tanto en las reacciones de neutralización (de acuerdo al modelo de Arrhenius) como en las de esterificación, reaccionan dos sustancias diferentes A (ácido o alcohol) con B (base o ácido orgánico) para dar C (sal o éster) y agua.</i>	
Conclusión: Enunciado que debe ser sustentado o desaprobado. Hechos: Datos o informaciones (que pueden derivar de observaciones, experimentos, etc.) que se usan para evaluar una conclusión.	Justificaciones: Son razones (reglas, principios, modelos) que se proponen para relacionar los datos con la conclusión. Sustento: modelo que sostiene la garantía con referencias. Refutaciones: son las excepciones a la conclusión pero que le dan fuerza.

Es muy importante insistir que la argumentación, al incorporar hechos, garantías, sustento y refutación, es mucho más valiosa que la simple aseveración. Evaluar una argumentación permite decidir con conocimiento entre dos alternativas que se presentan sobre cualquier asunto. Si alguien presenta únicamente una aseveración, apela al prejuicio o la fe para que se crea en lo que dice, y aunque lo que diga sea correcto, inhibe el pensamiento. El pensamiento científico se ha desarrollado apelando a las pruebas que permitan verificar lo que se dice.

La argumentación como la que aquí se ha mostrado facilita la construcción de los diagramas heurísticos que se discutirán a continuación, una vez que ambos "organizadores gráficos" comparten muchos elementos, además de que la denominada "argumentación completa" de la primera se asemeja a la "respuesta" de los segundos.



3

Los diagramas heurísticos

3.1

Características generales



...que es el motivo del pensar, el pensamiento se relaja, reposando por un momento, una vez alcanzada la creencia.

Pero dado que la creencia es una regla para la acción, cuya aplicación implica más duda y más pensamiento, a una vez que constituye un lugar de parada es también un lugar de partida para el pensamiento.

—C. S. PIERCE, 1893 (2012)

Una de las mejores estrategias para contestar una pregunta abierta es a partir de un “organizador gráfico” denominado diagrama heurístico²⁶ en el que a partir de una pregunta abierta, construida a partir de hechos relevantes se busca su respuesta reconociendo dos dominios, conceptual y el metodológico²⁷. En ambos casos hay que realizar una investigación, en el primero sobre lo que ya se sabe, en el segundo sobre lo que hay que hacer para responder explícitamente la pregunta.

El dominio conceptual apela a lo que ya se sabe sobre el tema y la pregunta, es decir, lo que ya se ha reportado en la literatura especializada sobre ambos y que son:

- las aplicaciones (que permite contextualizar el tema)
- el lenguaje (que permite identificar las palabras, es decir los conceptos, fundamentales relacionados tanto con la pregunta como con la respuesta);
- el modelo (a través del cual se está en condiciones de responder a la pregunta).

El dominio metodológico apela a lo que hay que hacer para responder. Considera tres pasos:

- Procedimiento para la obtención de datos, definir qué se va a hacer para contestar. Puede ser una encuesta, una investigación bibliográfica, una o varias entrevistas, uno o varios experimentos.
- Procesamiento de los datos para obtener un resultado. Hay que ordenar los datos obtenidos en una tabla, una gráfica o un diagrama.
- Análisis y/o conclusión. El procesamiento de los datos permite llegar a una conclusión (únicamente a partir de los datos).

La respuesta a la pregunta se obtiene uniendo el dominio conceptual con el metodológico y en términos generales es algo como:

De acuerdo con el modelo...y los datos...la respuesta a la pregunta...es....

Es decir, la respuesta debe estar bien argumentada, en el mejor sentido de las Rejillas Argumentativas de Toulmin (RAT) discutidas anteriormente.

Los diagramas heurísticos se presentan en forma de una tabla cuya secuencia de llenado, de la parte superior a la inferior, explicita el método de trabajo realizado. La columna derecha del diagrama heurístico reconoce claramente la evaluación y la autoevaluación mediante un proceso de autocognición.

En los diagramas heurísticos se presenta una síntesis de todo lo que se necesita para contestar la pregunta. Por ello, todo debe ocupar únicamente una cuartilla. Identificar lo esencial de cualquier asunto es una habilidad del pensamiento científico.

Ocasionalmente no se puede obtener una respuesta a la pregunta. Lo anterior depende de la complejidad de la pregunta, del tiempo del cual se dispone para contestarla, de la metodología empleada, de la destreza y experiencia que se tiene para transformarla, así como de otros factores. Es importante considerar la posibilidad de que no se alcance a dar una respuesta a la pregunta original, pero siempre después de un trabajo se obtiene un resultado que puede considerar los errores que se tuvieron (generalmente en la parte metodológica o en la elección del modelo). Por ello, en la evaluación del diagrama heurístico tiene igual valor la respuesta como el resultado. Hay que aprender a optar por una u otro y esto es algo que se debe reconocer explícitamente al tomar su elección.²⁸

A continuación se presentan un diagrama heurístico sin llenar, otro con sus instrucciones de llenado y un tercero completado por alumnos de licenciatura.

Diagrama heurístico

Diagrama heurístico sobre:		PTS
Hechos		
Pregunta		
Conceptos	Metodología	0
Aplicaciones	Procedimiento para la obtención de datos	
Lenguaje	Procesamiento de los datos para obtener un resultado	
Modelo	Análisis y/o conclusión derivado de los datos	
Respuesta o resultado		
Referencias De los hechos: De los conceptos: De la metodología:		
Autoevaluación (total de puntos)/20 puntos posibles		

Instrucciones para completar un diagrama heurístico

Diagrama Heurístico sobre: (Se refiere al tema de la investigación)		PTS
Hechos (Se refiere a la información obtenida y/o observaciones realizadas respecto a algo que sucede en el mundo que nos lleva a formular una pregunta. Preferentemente deben de identificarse varios de ellos)		
Pregunta (Enunciado de una pregunta centrada en los hechos. Hay que asegurarse que es una sola y única pregunta)		
Conceptos	Metodología	0
Aplicaciones (Se refiere a los usos que tiene el tema que estamos investigando)	Procedimiento para la obtención de datos (Se refiere a lo que hacemos para obtener la información pertinente para poder contestar la pregunta. Hay que precisar y detallar)	
Lenguaje (Se refiere a los términos que requerimos saber para responder la pregunta)	Procesamiento de los datos para obtener un resultado (Se refiere al manejo de datos y resultados en tablas, gráficas, diagramas, etc., que resumen los datos obtenidos)	
Modelo (se refiere al modelo que se usa para dar la respuesta a la pregunta. Puede ser científico, económico, social, etc. Por ejemplo: modelo atómico de Lewis, modelo de acidez de Arrhenius, modelo de mercado, modelo de aprendizaje constructivista, etc.)	Análisis y/o conclusión derivado de los datos (Se refiere únicamente a lo obtenido a partir de los datos procesados)	
Respuesta o resultado (una vez elegida una respuesta o un resultado, se refiere a la explicación que responde a la pregunta reuniendo los conceptos con la metodología o a las razones por las cuales el experimento falló, o no se puede contestar la pregunta. Hay que apelar a las pruebas que permitan verificar lo que se dice)		
Referencias (Se refiere a los libros, artículos de revistas, páginas web, etc., consultados y utilizados en cada parte de la investigación) De los hechos: De los conceptos: De la metodología:		
Autoevaluación (total de puntos)/20 puntos posibles (Hay que sumar todos los puntos obtenidos y compararlos contra los posibles)		

Diagrama heurístico sobre: La reducción de la Química a la Física		PTS
<p>Hechos A inicios del siglo XVII, René Descartes e Isaac Newton establecieron una postura de "Universo mecánico" en la que todo fenómeno relacionado con la materia y el movimiento se puede explicar a partir de principios básicos.</p> <p>-En 1854, Auguste Comte, en su tratado <i>Système de politique positive</i>, concibió una jerarquía de la ciencia en la que la Química depende de la Física y en última instancia de las Matemáticas.</p> <p>-En 1864, el filósofo Herbert Spencer publicó <i>The classification of sciences</i>, en donde ubica a la Química como el segundo pilar de la ciencia.</p> <p>-Desde inicios del siglo XX, muchos científicos y filósofos han expresado su postura sobre la posible reducción de la Química; por ejemplo, Paul Dirac (1929), a favor, y Roald Hoffmann (1988), en contra.</p> <p>-En 1974, Donald T. Campbell formula originalmente el principio de causalidad descendente.</p>		3
Pregunta ¿Por qué la Química no se puede reducir a la Física?		2
Conceptos	Metodología	
<p>Aplicaciones</p> <p>-Fortalecimiento de la identidad de la Química como disciplina.</p> <p>-Justificación del trabajo interdisciplinario.</p> <p>-Motivación para la creación de modelos propios.</p>	<p>Procedimiento para la obtención de datos</p> <p>-Recopilación de información a partir de fuentes de información secundarias; como textos de filosofía de la Química y el <i>Journal of Chemical Education</i>.</p>	1
		1
<p>Lenguaje</p> <p>-Reduccionismo: perspectiva filosófica que implica que se puede explicar algo basado en una relación causal entre elementos menores y lo que se quiere explicar.</p> <p>-Relación causal descendente: postura que dice que si se comprenden las leyes de cada parte de un sistema, se puede deducir las leyes que rigen el comportamiento del conjunto.</p> <p>-<i>Ab initio</i>: método para llegar a una conclusión a partir de principios elementales.</p>	<p>Procesamiento de los datos para obtener un resultado</p> <p>-Clasificación de las ideas obtenidas de acuerdo a si consideran viable la reducción o no.</p> <p>-Ordenación cronológica de las posturas.</p> <p>-Interpretación de las diferentes fuentes.</p>	1
		0
<p>Modelo</p> <p>Modelo jerárquico de las ciencias de Spencer/Jensen.</p>	<p>Análisis y/o conclusión derivado de los datos</p> <p>-Con la información interpretada se ponderaron los argumentos y se concluyó que están más fundamentados los que toman una posición en contra del reduccionismo, ya que antes del surgimiento de la Química como una Ciencia, ya se consideraba una postura reductivista, en la que la física incluía a todas las demás ciencias.</p>	2
		1
<p>Respuesta o resultado No es posible reducir la Química a la Física, porque como indica la jerarquía científica de Spencer, son disciplinas relacionadas pero con objetivos diferentes, esto a causa de que la Química tiene genealogía, lenguaje, literatura, instituciones, leyes (Ej. Ley periódica) propias. La conexión entre la Física y la Química sólo se hace evidente en especializaciones interdisciplinarias como la Físicoquímica, ya que aunque la Química use una metodología similar a la de la Física, explican los fenómenos a niveles conceptuales diferentes, el intentar explicarla con la Física <i>ab initio</i> presenta el problema de que se necesita de un modelo completo y coherente a diferentes niveles conceptuales, que la Física no tiene.</p>		2
<p>Referencias</p> <p>De los hechos: Laidler, K. J. (1993) <i>The world of physical chemistry</i>. Oxford: Oxford University Press,</p> <p>De los conceptos: Jensen W.B. (1998) Does Chemistry Have a Logical Structure? <i>J. Chem. Ed.</i> 75, 679</p> <p>De la metodología: Booth, W. C. et al (2003), <i>The craft of research</i>. University of Chicago Press.</p>		3
Autoevaluación (total de puntos)/20 puntos posibles		16

La columna de la derecha del diagrama heurístico permite identificar explícitamente la autoevaluación a través de un proceso de autocognición.²⁹ La premisa fundamental es la relación entre las partes que lo integran como se puede reconocer en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Cómo valorar un diagrama heurístico.

Puntos	Características
Hechos Relevantes	
0	No hay hechos.
1	Se identifica al menos un hecho relevante con alusión a los conceptos o a la metodología.
2	Se identifican al menos dos hechos relevantes con alusión a los conceptos o la metodología.
3	Se identifican tres hechos relevantes, con alusión a los conceptos y la metodología.
Pregunta	
0	No hay pregunta.
1	Hay una pregunta clara y acotada.
2	Hay una pregunta con base en los hechos relevantes, es clara y acotada.
3	Hay una pregunta con base en los hechos, es clara, acotada y sugiere una metodología.
Conceptos	
0	No hay conceptos.
1	Se identifican las aplicaciones.
2	Se identifican aplicaciones y lenguaje.
4	Se identifican aplicaciones, lenguaje y un modelo referente a la pregunta.
Metodología	
0	No hay metodología.
1	Se indica la metodología para obtener resultados.
2	Los datos son procesados a través de graficas o tablas.
4	Con base en los datos procesados, y sin considerar el modelo , se obtiene una conclusión.
Respuesta	
0	No hay respuesta.
1	La respuesta es incluyente con la conclusión de la parte metodológica.
2	La respuesta incorpora, además de la conclusión, al modelo o al hecho que permitió plantear la pregunta.
3	La respuesta incorpora la conclusión, el modelo y el hecho que permitió plantear la pregunta.
Resultado: Hay un resultado cuando el experimento falla o no hay datos suficientes para dar una respuesta o el modelo elegido es inadecuado.	
0	No hay resultado.
1	Se identifican los errores metodológicos (experimentales).
2	Se identifican y explican los errores metodológicos (experimentales) o se propone una alternativa metodológica razonable .
3	Se identifican y explican los errores metodológicos (experimentales). Se propone una alternativa metodológica razonable .
Referencias	
0	No hay referencias.
1	Hay referencias únicamente de los hechos o de los conceptos o de la metodología.
2	Hay referencias de los hechos, y del modelo o de la metodología.
3	Hay referencias de los hechos, del modelo y la metodología.

En la línea horizontal de Conceptos y Metodología aparece asignado a la izquierda, 0 puntos, una vez que es el encabezado tanto de los Conceptos como de la Metodología.

En el caso de las preguntas, por ejemplo, no se asigna ningún punto si no hay pregunta. Recibe un punto si se basa en los hechos, lo que implica que la pregunta parte de un determinado lugar, los hechos del mundo. Recibe dos puntos si reconoce conceptos (en cualesquiera de sus tres componentes) y tres puntos si ya adelanta una posible metodología de resolución. Lo mismo sucede con las referencias. Se pueden colocar las que los estudiantes quieran, pero al menos debe haber una relacionada con los hechos, los conceptos o la metodología (y la autoevaluación debe asignar sólo un punto), dos relacionadas con cualquiera de estas tres partes (dos puntos) y, finalmente, si hay al menos tres referencias relacionadas con las tres partes, se obtendrán tres puntos. Es importante insistir en que no deben repetirse.

En el diagrama heurístico que se ejemplifica, sobre la reducción de la Química a la Física, se puede observar que la pregunta no remite a la metodología, en el procesamiento de datos no se presenta ni un diagrama, tabla o figura, por lo que la conclusión difícilmente estará completa como tampoco la respuesta.

Los colores en la Tabla 4 se relacionan con las diversas secciones del diagrama heurístico que puede completarse en línea (<https://goo.gl/NVELor>) y que se presenta en el apéndice.



3.2

Ejemplos comentados y evaluados



A continuación, en las páginas impares, se presenta una serie de diferentes diagramas heurísticos construidos y autoevaluados inicialmente por alumnos de diferentes niveles educativos, desde bachillerato hasta posgrado. En las páginas pares se comentan y evalúan esos mismos diagramas heurísticos.

Los diagramas se presentan tal y como se recibieron y tienen errores ortográficos. Además y como podrá verse, la evaluación no necesariamente coincide con la autoevaluación.

No puede haber misterio en el universo en el sentido de un hecho real inaccesible al conocimiento. Pues una realidad es una idea que se impone, nos guste o no. Es posible que haya una pregunta a la cual la investigación, por prolongada que sea, no puede aportar respuesta. En ese caso, hay una laguna en la realidad; y la realidad es incompleta.

—C.S. PIERCE 1893 (2012)

En la siguiente serie de tres diagramas heurísticos (DH) sobre un proyecto de investigación en el bachillerato sobre los diamantes (que se presentan tal cual y como lo enviaron los alumnos) se puede comentar, para el primero de ellos:

- Hay un hecho, por lo que merece un punto.
- Hay una pregunta clara, no necesariamente acotada que no proviene de los hechos, por lo que merece un punto.
- En los conceptos se identifican las aplicaciones y el lenguaje, pero el modelo no sirve para contestar la pregunta, por lo que merece dos puntos. Hay que aclarar que el lenguaje no necesariamente debe desarrollarse, es decir, se pueden enunciar los conceptos que se utilizan en el DH pero no explicarlos. Los DH son organizadores gráficos en los que se reúne y resume toda la información.
- En la metodología se indica lo que se hizo para obtener

resultados, pero no se procesan y por lo tanto no se puede obtener una conclusión. Además, se incorpora información proveniente de los conceptos, particularmente se habla del precio de los diamantes, asunto irrelevante en la investigación. Merece un punto.

- Hay una respuesta que recoge parte de lo indicado en la conclusión. Merece un punto.
- Las referencias sólo se refieren a los hechos y a los conceptos, por lo que merecen dos puntos.

La evaluación final de este primer DH es de 8/20, que contrasta con la autoevaluación que se asignaron los alumnos de 18/20.

Título: Formacion de diamantes		PTS
Hechos: Es la única gema conocida por el hombre hecha de un solo elemento, carbono, además de grafito. El diamante esta totalmente echo de átomos de carbono (composición química – “C”) cristalizado en una disposición cubica (isométrica).		3
Pregunta: ¿En que consisten los procesos para la formación de un diamante?		3
Conceptos	Metodología	3
Aplicaciones El Diamante se utiliza como piedra preciosa, en cantería para dentar las coronas de las perforadoras, como hilera para alambres, preparación de carburos, para cortar vidrio, se añade a los aceros de torneear, etc. Es quizás el mineral más apreciado por el hombre por sus propiedades y escasez.	Procedimiento para la obtención de datos Para comprender mejor el tema de nuestro cuestionamiento se ha recurrido a los siguientes medios de información “confiable”: <ul style="list-style-type: none"> Se trató de localizar páginas de internet que hablaran sobre el tema y que nos dieran una idea sobre la posible respuesta. Vimos videos, los cuales sirvieron para ejemplificarnos los procesos de la formación de un diamante. También consultamos algunos libros que contenían ideas sobre el tema.	3
Lenguaje CARBONO: El carbono es un elemento químico de número atómico 6 y símbolo C.. YACIMIENTO: Acumulación significativa de materiales geológicos, que en algún caso pueden ser objeto de explotación humana. CRATONES: Es una masa continental llegada a tal estado de rigidez en un lejano pasado geológico. METEORITO: Es un meteoroide que alcanza la superficie de un planeta debido a que no se desintegra por completo en su atmósfera.. GRANOS PRE-SOLARES: son diminutas partículas de polvo que se formaron en generaciones anteriores de estrellas y en estallidos de supernovas previos a la formación del Sistema Solar. TEMPERATURA: es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente o frío.. PRESION: Es una magnitud física que mide la fuerza por unidad de superficie,	Procesamiento de los datos para obtener un resultado <u>Formación en cratones</u> Las condiciones para que suceda la formación de diamante en el manto de la Litosfera ocurren a profundidad considerable, correspondiendo a los requerimientos de temperatura y presión, estas profundidades están estimadas entre 140 y 190 km y de un rango de temperatura que va desde aproximadamente 900-1.300 °C. La tasa a la que la cambia la temperatura con el incremento de profundidad en la Tierra varía grandemente en diferentes partes de la Tierra. La combinación correcta de temperatura y presión sólo se encuentra en las partes gruesas, viejas y estables de las placas continentales, donde existen regiones de litosfera conocidas como cratones. Una larga estancia en la litosfera cratónica permite a los cristales de diamante crecer más grandes aún. <u>Formación en cráteres de impacto de meteoritos.</u> Se han encontrado diamantes muy pequeños, conocidos como microdiamantes o nanodiamantes, en los cráteres de impacto de meteorito. Tales eventos de impacto crean zonas de choque de alta presión y temperatura, idóneas para la formación de diamantes. <u>Formación extraterrestre.</u> Un tipo de diamante denominado diamante carbonado, puede haberse depositado ahí vía un impacto de asteroide (no formado por el impacto) hace aproximadamente 3 mil millones de años. Estos diamantes pueden haberse formado en el medio interestelar. Los granos pre-solares en muchos meteoritos encontrados sobre la Tierra contienen nanodiamantes de origen extraterrestre, formados probablemente en supernovas. La evidencia científica indica que las estrellas enanas blancas tienen un núcleo de carbono y oxígeno cristalizado, y su núcleo estelar esta descrito como diamante. <u>TIPOS DE YACIMIENTOS. Primarios:</u> son cavidades cónicas expulsadas por rocas volcánicas saliendo a flote en una explosión terrestre <u>Secundarios:</u> son aquellos hechos por agentes atmosféricos. Bajo el paso del tiempo los diamantes pudieron desprenderse y fueron arrastrados por las aguas de los ríos y arroyos	
Modelo Para extraer la belleza de una gema de diamante son necesarios una serie de procesos. Estos son la exfoliación, la aserradura, la talla y el pulimento, que en conjunto crean la talla de diamantes y son las técnicas más precisas y difíciles del arte lapidario.	Análisis y/o conclusión derivado de los datos En base a lo anterior obtenido podemos deducir que para la formación de diamantes se necesitan factores que no son muy comunes en la tierra, debido a esto y a su belleza son muy codiciados y de valor estratosférico. El carbono necesita estar de 140 a 190 km de profundidad y a una temperatura de entre 900 °C y 1300 °C, aunado a una fuerte presión para la formación de este.	2
Respuesta o resultado: La formación del diamante natural requiere condiciones muy específicas—exposición de materiales que contienen carbono a presión alta, variando desde 45 a 60 kilo bares, pero a un rango de temperatura comparativamente bajo que va desde aproximadamente 900-1.300 °C. Estas condiciones se encuentran en dos lugares en la Tierra; en el manto de la litosfera bajo placas continentales relativamente estables, y en el sitio de impacto de meteoritos, así como en el espacio.		2
Referencias DE LOS HECHOS: http://www.raulybarra.com/notijoya/archivosnotijoya7/7diamantes_formacion.htm DE LOS COPNCEPTOS: http://es.wikipedia.org/wiki/Diamante DE METODOLOGIA: 150 años de investigación geológica en España; Sin autor.; INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO		2
Autoevaluación (total de puntos)/20 puntos posibles		18

Sobre el segundo DH, entregado al profesor un mes después:

- Hay dos hechos relevantes relacionados con los conceptos, por lo que merece dos puntos.
- Hay una pregunta clara y acotada basada en los hechos: dos puntos.
- En los conceptos se indican aplicaciones, lenguaje y un modelo con el cual se puede dar respuesta a la pregunta, por lo que merece cuatro puntos.
- En la metodología se indica lo que se hizo para la obtención de datos, el procesamiento es mejor que el anterior, pero no del todo claro, y las conclusiones no se obtienen del procesamiento de los datos: dos puntos.
- Hay una respuesta que parte de la conclusión metodológica y se hace alusión al hecho que da lugar a la pregunta, pero que no incorpora el modelo: dos puntos.
- Las referencias sólo se refieren a los hechos y a los conceptos, por lo que merecen dos puntos.

La evaluación final de este segundo DH es de 14/20, que se acerca más a la autoevaluación de los alumnos. Generalmente la autoevaluación y la evaluación del profesor van coincidiendo según se construyen más diagramas.

Título: Cristalización del carbono.	PTS
Hechos: Sabemos que el carbono se encuentra en 3 formas elementales existentes en la naturaleza: diamante, grafito y carbón amorfo. Las propiedades físicas de las tres formas difieren considerablemente a causa de las diferencias en su estructura cristalina.	3
Pregunta: ¿Por qué el carbono cristaliza de diferentes formas?	3
Conceptos	Metodología
<p>Aplicaciones: Todas las formas de este elemento tienen diversas aplicaciones. El diamante se usa en joyería, pero hay variedades que se utilizan en la industria por su extrema dureza. El grafito es utilizado para la fabricación de lápices o por su calidad aceitosa. El carbono también constituye un combustible fundamental en gran parte de las regiones del mundo.</p>	<p>Procedimiento para la obtención de datos: Para comprender mejor el tema de nuestro cuestionamiento se ha recurrido a los siguientes medios de información "confiable": Se trató de localizar páginas de internet que hablaran sobre el tema y que nos dieran una idea sobre la posible respuesta. Vimos videos, los cuales sirvieron para ejemplificar los procesos de la formación de un diamante. También consultamos algunos libros que contenían ideas sobre el tema.</p>
<p>Lenguaje: CARBONO: El carbono es un elemento químico de número atómico 6 y símbolo C. YACIMIENTO: Acumulación significativa de materiales geológicos, que en algún caso pueden ser objeto de explotación humana. CRATONES: Es una masa continental llegada a tal estado de rigidez en un lejano pasado geológico. METEORITO: Es un meteoritoide que alcanza la superficie de un planeta debido a que no se desintegra por completo en su atmósfera. GRANOS PRE-SOLARES: son diminutas partículas de polvo que se formaron en generaciones anteriores de estrellas y en estallidos de supernovas previos a la formación del Sistema Solar. TEMPERATURA: es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente o frío. PRESION: Es una magnitud física que mide la fuerza por unidad de superficie, y sirve para caracterizar como se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie. ALOTROPIA: En química es la propiedad que poseen determinados elementos químicos de presentarse bajo estructuras moleculares diferentes. GRAFITO: es una de las formas alotrópicas en las que se puede presentar el carbono junto al diamante y los fullerenos. DIAMANTE: es el alótropo del carbono donde los átomos de carbono están dispuestos en una variante de la estructura cristalina cúbica centrada en la cara denominada red de diamante. CARBON: es una roca sedimentaria de color negro, muy rica en carbono, utilizada como combustible fósil. Suele localizarse bajo una capa de pizarra y sobre una capa de arena y arcilla. Cristalización es el proceso por el cual se forma un sólido cristalino, ya sea a partir de un gas, un líquido o una disolución.</p>	<p>Procesamiento de datos para obtener un resultado</p>  <p>Figura 1. Conseguir un cristal de una macromolécula es el requisito para la apertura hacia el conocimiento de su estructura y las futuras aplicaciones en biología.</p>
<p>Modelo: FORMAS DE FRONTERAS INTER-CRISTALINAS: UN MODELO ALTERNATIVO Se propone un modelo de enucleación y crecimiento de granos y esferulitos durante la solidificación. El modelo fundamentado en consideraciones puramente geométricas y cinéticas, (no energéticas) ofrece una explicación la cual ofrece una explicación a la curvatura de las fronteras inter-cristalinas, la cual permite además el cálculo de la razón entre el proceso de nucleación y la del crecimiento. El modelo se aplica exitosamente a la cristalización isométrica.</p>	<p>Análisis y/o conclusión derivado de los datos: En base a lo anterior podemos afirmar que las propiedades físicas de las tres formas del carbono difieren considerablemente a causa de las diferencias en su estructura cristalina. En el diamante, el material más duro que se conoce, cada átomo está unido a otros cuatro en una estructura tridimensional, mientras que el grafito consiste en láminas débilmente unidas de átomos dispuestos en hexágonos. El carbono amorfo se caracteriza por un grado de cristalización muy bajo.</p>
<p>Respuesta o resultado: El carbono cristaliza de maneras diferentes dadas las propiedades del resultado, por ejemplo: El grafito posee menos densidad que el diamante debido a la mayor separación entre las hojas adyacentes. La falta de enlaces fuertes entre estas capas hace posible que éstas resbalen unas sobre otras. Las diferentes formas de cristalización del carbono han permitido obtener resultados como la obtención de los 3 elementos que se dan a partir de carbono puro: el diamante, el grafito y el carbón vegetal.</p>	2
<p>Referencias: De los hechos: http://www.raulybarra.com/notijoya/archivosnotijoya7/7diamantes_formacion.htm De los conceptos: http://es.wikipedia.org/wiki/Diamante De metodología: 150 años de investigación geológica en España; Sin autor.; INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO</p>	2
<p>Autoevaluación (total de puntos)/20 puntos posibles</p>	18

Sobre el tercer y último DH, entregado al profesor un mes después del segundo:

- Los hechos, la pregunta y los conceptos son prácticamente iguales a los del DH anterior, por lo que en su totalidad merecen 8 puntos. Así sólo se muestran parcialmente.
- En la metodología, el procedimiento para la obtención de datos es idéntica a las anteriores, pero ahora el procesamiento es diferente, pero tampoco correcto, ya que no se precisa información concerniente a lo que se pregunta. Las imágenes a diferentes escalas no aportan nada nuevo lo que los lleva a tener exactamente la misma conclusión: dos puntos.
- La respuesta y las referencias son iguales a las del DH anterior, por lo que merecen en total cuatro puntos.

La evaluación final de este tercer DH es igual a la del anterior: 14/20.

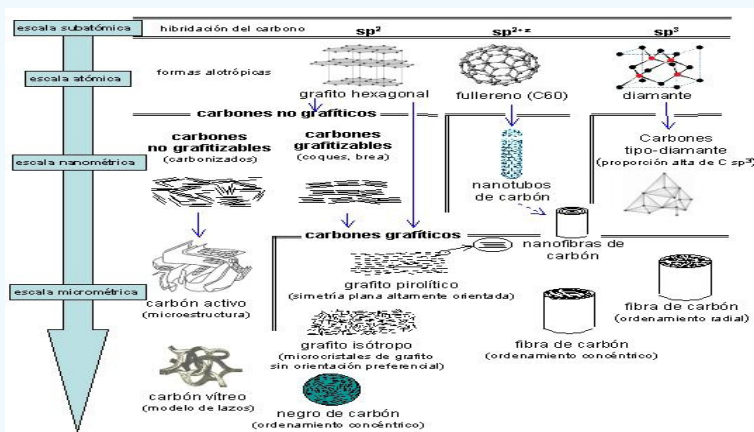
Lenguaje CARBONO: El carbono es un elemento químico de número atómico 6 y símbolo C.
YACIMIENTO: Acumulación significativa de materiales geológicos, que en algún caso pueden ser objeto de explotación humana.
CRATONES: Es una masa continental llegada a tal estado de rigidez en un lejano pasado geológico.
METEORITO: Es un meteorito que alcanza la superficie de un planeta debido a que no se desintegra por completo en su atmósfera.
GRANOS PRE-SOLARES: son diminutas partículas de polvo que se formaron en generaciones anteriores de estrellas y en estallidos de supernovas previos a la formación del Sistema Solar.
TEMPERATURA: es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente o frío.
PRESION: Es una magnitud física que mide la fuerza por unidad de superficie, y sirve para caracterizar como se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie.
ALOTROPIA

En química es la propiedad que poseen determinados elementos químicos de presentarse bajo estructuras moleculares diferentes.

GRAFITO: es una de las formas alotrópicas en las que se puede presentar el carbono junto al diamante y los fulerenos.
DIAMANTE: es el alótropo del carbono donde los átomos de carbono están dispuestos en una variante de la estructura cristalina cúbica centrada en la cara denominada red de diamante.

CARBON: es una roca sedimentaria de color negro, muy rica en carbono, utilizada como combustible fósil. Suele localizarse bajo una capa de pizarra y sobre una capa de arena y arcilla.
CRISTALIZACION es el proceso por el cual se forma un sólido cristalino, ya sea a partir de un gas, un líquido o una disolución.

Procesamiento de datos para obtener un resultado



3

Modelo: FORMAS DE FRONTERAS ITER -CRISTALINAS: UN MODELO ALTERNATIVO. Se propone un modelo de enucleación y crecimiento de granos y esferulitos durante la solidificación. El modelo fundamentado en consideraciones puramente geométricas y cinéticas, (no energéticas), ofrece una explicación la cual ofrece una explicación a la curvatura de las fronteras inter- cristalinas, la cual permite además el cálculo de la razón entre el proceso de nuclearización y la del crecimiento. El modelo se aplica exitosamente a la cristalización isométrica.

Análisis y/o conclusión derivado de los datos: En base a lo anterior podemos afirmar que las propiedades físicas de las tres formas del carbono difieren considerablemente a causa de las diferencias en su estructura cristalina. En el diamante, el material más duro que se conoce, cada átomo está unido a otros cuatro en una estructura tridimensional, mientras que el grafito consiste en láminas débilmente unidas de átomos dispuestos en hexágonos. El carbono amorfo se caracteriza por un grado de cristalización muy bajo.

2

Respuesta o resultado

El carbono cristaliza de maneras diferentes dadas las propiedades del resultado, por ejemplo: El grafito posee menos densidad que el diamante debido a la mayor separación entre las hojas adyacentes. La falta de enlaces fuertes entre estas capas hace posible que éstas resbalen unas sobre otras. Las diferentes formas de cristalización del carbono han permitido obtener resultados como la obtención de los 3 elementos que se dan a partir de carbono puro: el diamante, el grafito y el carbón vegetal.

2

Referencias

- De los hechos: http://www.raulybarra.com/notijoya/archivosnotijoya7/7diamantes_formacion.htm
- De los conceptos: <http://es.wikipedia.org/wiki/Diamante>
- De metodología: 150 años de investigación geológica en España. Autor: Sin autor. ISBN: 978-84-7840-394-3. Editorial: INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO

3

Autoevaluación (total de puntos)/20 puntos posibles

19

Se necesita mucha más investigación sobre el impacto de las visualizaciones (simulaciones en computadora) en el aprendizaje de los alumnos.

—R. KOZMA Y J. RUSSELL 2005

En la siguiente serie de dos DH sobre el aprendizaje del efecto fotoeléctrico, utilizando simulaciones de computadora y construido por un maestro de química en su proceso de formación docente, se puede comentar, en el primero de ellos:

- No hay autoevaluación.
- Hay dos hechos relevantes relacionados con los conceptos, por lo que merece dos puntos.
- Hay una pregunta clara y acotada, pero no se basa en los hechos. La estructura de la pregunta inserta hechos no reconocidos en la parte de los hechos: un punto.
- En los conceptos se indican aplicaciones, lenguaje y un modelo, el cual, sin embargo, no es un modelo, sino una descripción de lo que se muestra en la simulación. Un modelo adecuado para responder la pregunta construida apela a la mecánica cuántica: dos puntos.
- En este caso particular, la metodología está definida desde el principio, ya que los profesores trabajaban sobre la simulación y el DH era la manera de evaluar su aprendizaje. La recolección de datos, como su procesamiento y conclusión merecen cuatro puntos.
- La respuesta incorpora el modelo cuántico de la luz, el cual no se enunció en el lugar correspondiente. Por ello, sólo merece un punto una vez que remite a la conclusión metodológica.
- En las referencias están intercambiadas las de los conceptos y las de la metodología, pero son adecuadas: tres puntos.

La evaluación final de este primer DH, que el autor del presente libro aceptó (erróneamente porque como ya se indicó, la autoevaluación es muy importante en el proceso de construcción de los DH) es de 12/20.

Hechos

El número de electrones que arranca la luz incidente (es decir, la corriente eléctrica que se produce) depende de la intensidad de la luz y no depende de la longitud de onda.
 La energía de los electrones arrancados depende de la longitud de onda de la luz y no depende de la intensidad

Pregunta

La luz roja no expulsa los electrones de la superficie de un metal, incluso cuando se utiliza las fuentes más brillantes de luz roja. Sin embargo cuando la luz azul incide sobre los electrones de la misma superficie del metal si son expulsados, incluso cuando la fuente de luz es débil ¿Cómo puede ser esto?

Conceptos

Metodología

0

Aplicaciones

Celdas fotoeléctricas
 Resistencias fotoeléctricas

Procedimiento para la obtención de datos

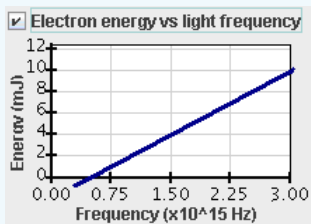
Simulación de efecto fotoeléctrico

Lenguaje

Fotón
 Luz
 Longitud de onda
 Metal
 Intensidad
 Energía

Procesamiento de los datos para obtener un resultado

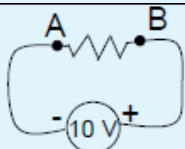
$$h\nu = E_k + W$$



Metal = sodio Voltaje =0				
λ nm	Color	Corriente		Frecuencia Hz 10 ⁻¹⁵
		Int 20%	Int 100%	
750	Rojo	0.000	0.000	0.00
600	Anaranjado	0.000	0.000	0.00
500	Verde	0.003	0.016	0.563
400	Violeta	0.061	0.300	0.75
300		0.316	1.551	1.0
250		0.666	3.266	1.16
200		1.477	7.242	1.5

Modelo: Mediante una fuente de potencial variable, tal como se ve en la figura podemos medir la energía cinética máxima de los electrones emitidos.

Análisis y/o conclusión: Para cada sustancia hay una frecuencia mínima o umbral de la radiación electromagnética por debajo de la cual no se producen fotoelectrones por más intensa que sea la radiación.



Variando la frecuencia f, (o la longitud de onda de la radiación que ilumina la placa) obtenemos un conjunto de valores del potencial de detención V0. La gráfica de energía vs. frecuencia) se aproxima a una línea recta

Respuesta o resultado: La luz está compuesta por pequeñas partículas (fotones) de diferente energía de acuerdo con el color (o frecuencia) de la radiación.

Referencias

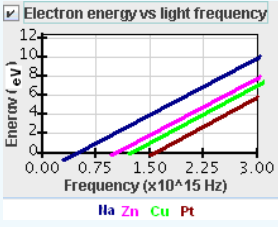
- De los hechos: <http://museovirtual.csic.es/salas/luz/luz33.htm>
- De los conceptos: <http://phet.colorado.edu/en/simulation/photoelectric>
- De la metodología: <http://www.sc.edu/es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectrico/fotoelectrico.htm>

Autoevaluación (total de puntos)/20 puntos posibles

Sobre el segundo DH, entregado por el maestro de Química un mes después, en él indica que su autoevaluación es de 20/20 puntos posibles:

- Hay dos hechos relacionados con los conceptos, diferentes a los indicados en el DH anterior y que apuntan mejor al tema que se trata, por lo que merece dos puntos.
- Hay dos preguntas claras y acotadas, pero no explícitamente basadas en los hechos: un punto, pero podría ser ninguno. Es importantísimo enunciar sólo una pregunta.
- En los conceptos se indican aplicaciones, lenguaje y el modelo correcto: cuatro puntos.
- En este caso particular, la metodología está definida desde el principio, ya que los profesores trabajaban sobre la simulación y el DH era la manera de evaluar su aprendizaje. El procesamiento de datos y la conclusión es mejor que en el DH anterior: cuatro puntos.
- Aunque no está bien enunciada la respuesta, incorpora el modelo cuántico de la luz, aunque no hace referencia explícita al efecto fotoeléctrico, incorpora hechos que dieron lugar a la pregunta: tres puntos.
- En las referencias están intercambiadas las de los conceptos y las de la metodología, pero son adecuadas: tres puntos.

La evaluación final de este segundo y final DH es de 17/20.

Diagrama heurístico sobre: Efecto fotoeléctrico		PTS																																																																
Hechos Cuando se ilumina la superficie de un metal con radiación electromagnética se observa el desprendimiento de electrones. La energía de los electrones arrancados depende de la longitud de onda de la luz y no depende de la intensidad		3																																																																
Pregunta ¿Por qué la luz roja no expulsa los electrones de la superficie de un metal, incluso cuando se utiliza las fuentes más brillantes de luz roja? ¿Por qué cuando incide la luz azul sobre los electrones de la misma superficie del metal si son expulsados, incluso cuando la fuente de luz es débil?		3																																																																
Conceptos	Metodología	0																																																																
Aplicaciones Celdas fotoeléctricas Resistencias fotoeléctricas	Procedimiento para la obtención de datos Simulación de efecto fotoeléctrico	1																																																																
Lenguaje Metal Longitud de onda h es la constante de Planck f es la frecuencia de la luz KE_{max} es la energía cinética del electrón expulsado ϕ es la función del trabajo	Procesamiento de los datos para obtener un resultado  <table border="1" data-bbox="633 793 933 865"> <thead> <tr> <th></th> <th>Na</th> <th>Zn</th> <th>Cu</th> <th>Pt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ϕ eV</td> <td>2.28</td> <td>4.3</td> <td>4.7</td> <td>6.35</td> </tr> </tbody> </table>		Na	Zn	Cu	Pt	ϕ eV	2.28	4.3	4.7	6.35	1																																																						
	Na	Zn	Cu	Pt																																																														
ϕ eV	2.28	4.3	4.7	6.35																																																														
	<table border="1" data-bbox="950 541 1477 1018"> <thead> <tr> <th rowspan="2">λ nm</th> <th rowspan="2">frec $\times 10^{15}$ (Hz)</th> <th colspan="4">Energía (eV)</th> </tr> <tr> <th colspan="4">$KE_{max} = hf - \phi$</th> </tr> <tr> <td></td> <td>$f=c/\lambda$</td> <th>Sodio</th> <th>Zinc</th> <th>Cobre</th> <th>Platino</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>600</td> <td>0.00</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>0.600</td> <td>0.2</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>0.75</td> <td>0.825</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>300</td> <td>1.0</td> <td>1.86</td> <td>0</td> <td>-0.56</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>250</td> <td>1.2</td> <td>2.688</td> <td>0.668</td> <td>0.268</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>200</td> <td>1.5</td> <td>3.93</td> <td>1.91</td> <td>1.51</td> <td>-0.14</td> </tr> <tr> <td>150</td> <td>2.0</td> <td>6.0</td> <td>3.98</td> <td>3.58</td> <td>1.93</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>3.0</td> <td>10.14</td> <td>8.12</td> <td>7.72</td> <td>6.07</td> </tr> </tbody> </table> <p>Voltaje = 0 , intensidad = 100%</p>	λ nm	frec $\times 10^{15}$ (Hz)	Energía (eV)				$KE_{max} = hf - \phi$					$f=c/\lambda$	Sodio	Zinc	Cobre	Platino	600	0.00	0	0	0	0	500	0.600	0.2	0	0	0	400	0.75	0.825	0	0	0	300	1.0	1.86	0	-0.56	0	250	1.2	2.688	0.668	0.268	0.0	200	1.5	3.93	1.91	1.51	-0.14	150	2.0	6.0	3.98	3.58	1.93	100	3.0	10.14	8.12	7.72	6.07	1
λ nm	frec $\times 10^{15}$ (Hz)			Energía (eV)																																																														
		$KE_{max} = hf - \phi$																																																																
	$f=c/\lambda$	Sodio	Zinc	Cobre	Platino																																																													
600	0.00	0	0	0	0																																																													
500	0.600	0.2	0	0	0																																																													
400	0.75	0.825	0	0	0																																																													
300	1.0	1.86	0	-0.56	0																																																													
250	1.2	2.688	0.668	0.268	0.0																																																													
200	1.5	3.93	1.91	1.51	-0.14																																																													
150	2.0	6.0	3.98	3.58	1.93																																																													
100	3.0	10.14	8.12	7.72	6.07																																																													
Modelo Si un electrón tiene la suficiente energía para desprenderse la energía cinética con la que se desprende es $KE_{max} = hf - \phi$	Análisis y/o conclusión Para cada sustancia existe una frecuencia umbral por debajo de la cual no se emiten electrones; por más intensa que sea la radiación. La energía cinética de los electrones depende linealmente de la frecuencia y no de la intensidad de la radiación. Esto sólo ocurre si la frecuencia de la radiación supera cierta frecuencia umbral f_0 .	2																																																																
Respuesta o resultado La energía depende de la frecuencia de la luz, para las frecuencias más bajas (luz roja), la energía del fotón no es lo suficientemente grande para liberar un electrón. La luz está compuesta por pequeñas partículas (fotones) de diferente energía de acuerdo con el color (o frecuencia) de la radiación.		3																																																																
Referencias De los hechos: http://museovirtual.csic.es/salas/luz/luz33.htm De los conceptos: http://phet.colorado.edu/en/simulation/photoelectric De la metodología: http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/cuantica/fotoelectrico/fotoelectrico.htm		3																																																																
Autoevaluación (total de puntos)/20 puntos posibles		20																																																																

Las actividades experimentales son sobreutilizadas e infrautilizadas

Son usadas en demasía en el sentido de que los profesores emplean las prácticas como algo normal y no como algo extraordinario, con la idea de que serviría de ayuda para alcanzar todos los objetivos del aprendizaje. Son infrautilizadas en el sentido de que sólo en contadas ocasiones explotan completamente su auténtico potencial.

—D. HODSON, 2008

El siguiente es un DH que se utilizó como reporte de una práctica de laboratorio a nivel licenciatura. Así:

- Los hechos son tres relacionados básicamente con los conceptos, pero una vez que el DH se está utilizando como un reporte de práctica y en ella se indica la metodología, merece los tres puntos.
- La pregunta está basada en los hechos y en la metodología implícita: tres puntos
- Las aplicaciones y el lenguaje de los conceptos son adecuados, pero no así el modelo. Éste se refiere a la solubilidad en general y no a la cristalización, resultado del uso de un par de disolventes: dos puntos.
- La metodología es correcta: cuatro puntos.
- La respuesta no se deriva enteramente ni del modelo ni de la conclusión, ni de alguno de los hechos que propició la pregunta. Seguramente por eso el alumno se autoevaluó con dos puntos: dos puntos.
- Referencias. Aunque no se identifica a que parte del DH corresponden las hay de hechos, conceptos y metodología: tres puntos.

La evaluación final es 17/20 en lugar del 19/20 asignada por los alumnos en su autoevaluación.

Diagrama heurístico sobre: Cristalización por par de disolventes		PTS																												
Hechos La cristalización es una técnica para separar un sólido de un sólido o un sólido de un líquido y se basa en la solubilidad de los componentes en un disolvente. La cristalización es la formación de cristales a partir de una disolución sobresaturada. La estructura del agua y la acetona tienen la posibilidad de formar puentes de hidrógeno al tener oxígeno en su estructura.		3																												
Pregunta ¿Cómo se puede elegir correctamente el par de disolventes adecuado?		3																												
Conceptos	Metodología																													
Aplicaciones Cristalización de la sacarosa en la industria azucarera Obtención de aspirina Separación de ceras en la refinación de aceites (winterización)	Procedimiento para la obtención de datos La práctica Cristalización por par de disolventes se realizó siguiendo las instrucciones obtenidas en el manual de prácticas para laboratorio de química orgánica I de la facultad de química en las páginas 14-17, registrando los datos obtenidos en dicho protocolo.	1																												
		1																												
Lenguaje Purificación, cristalización, solubilidad, fuerzas intermoleculares, polaridad, disolvente, soluto, miscibilidad	Procesamiento de los datos para obtener un resultado Muestra- 1 g de benzoato de fenilo; Punto fusión teórico: 68-70°C Tabla 1. Solubilidad en disolventes orgánicos <table border="1" data-bbox="634 730 1425 947"> <thead> <tr> <th>Disolventes</th> <th>Hexano</th> <th>Acetato de etilo</th> <th>Acetona</th> <th>Etanol</th> <th>Metanol</th> <th>Agua</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Soluble en frío</td> <td>No</td> <td>Si</td> <td>Si</td> <td>No</td> <td>Si</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td>Soluble en caliente</td> <td>Si</td> <td>Si</td> <td>Si</td> <td>Si</td> <td>Si</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td>Formación de cristales</td> <td>Si</td> <td>No</td> <td>Si</td> <td>No</td> <td>No</td> <td>No</td> </tr> </tbody> </table>	Disolventes	Hexano	Acetato de etilo	Acetona	Etanol	Metanol	Agua	Soluble en frío	No	Si	Si	No	Si	No	Soluble en caliente	Si	Si	Si	Si	Si	No	Formación de cristales	Si	No	Si	No	No	No	1
		Disolventes	Hexano	Acetato de etilo	Acetona	Etanol	Metanol	Agua																						
Soluble en frío	No	Si	Si	No	Si	No																								
Soluble en caliente	Si	Si	Si	Si	Si	No																								
Formación de cristales	Si	No	Si	No	No	No																								
1																														
Modelo La solubilidad de los compuestos orgánicos depende de la polaridad del disolvente y del soluto. Las fuerzas que se deben vencer para que exista la disolución son las fuerzas intermoleculares. Si dichas fuerzas de la estructura molecular del disolvente y de soluto son semejantes el soluto se logrará disolver en el disolvente.	Análisis y/o conclusión derivado de los datos El par de disolventes Acetona- agua cumple con las características de un disolvente ideal. Obteniendo intervalos pequeños en el punto de fusión en las dos cosechas lo que significa que los cristales formados se encontraban en su forma más pura. El rendimiento calculado demuestra que la mezcla inicial de benzoato de fenilo no contenía muchas impurezas por lo que se pudo obtener una buena cantidad de benzoato de fenilo puro.	2																												
		2																												
Respuesta Para que se lleve a cabo una buena cristalización se debe de elegir un disolvente que sea muy afín al sólido a cristalizar (acetona); mientras que el otro debe de tener poca afinidad por el sólido a cristalizar. Esto se logra haciendo pruebas de solubilidad en frío y en caliente; así se elige el un par de disolventes en función de esta propiedad, que a su vez depende de factores como las fuerzas intermoleculares del soluto y del disolvente. El par de disolvente ideal será aquel que uno en el soluto sea soluble en frío y otro donde no sea soluble. Así mismo se deben de considerar otros factores como el costo de dichos disolventes.		2																												
Referencias http://www.cneq.unam.mx/cursos_diplomados/diplomados/medio_superior/dgire2006-2007/11_porta/mezclas/anali_cientifico/cristalizacion.html Pedersen S. F., Myers A. M., Understanding the Principles of Organic Chemistry: A Laboratory Course, Brooks and Cole, USA, 2011. Visitada por última vez el 08/05/2015 L.G Wade, Organic Chemistry, 6ta Ed. Pearson International, 2005 K.P.C. Vollhardt, Organic Chemistry, 4aEd, Freeman 2003.		3																												
Autoevaluación		19																												

*[...] química, la más cosmopolita de las ciencias,
la más secreta de las artes.*

—D.W. THOMPSON, 1921

A continuación, se presenta un DH sobre economía, realizado por un alumno de los últimos semestres de la licenciatura en la carrera de Química. Es el primer DH que se muestra con la plantilla colocada en la red con los colores que identifican el número de puntos correspondientes a cada sección. Así:

- Sólo hay un hecho, que con buena intención podrían considerarse dos. Dos puntos.
- La pregunta implícitamente se deriva de los hechos, pero no hay indicación de la metodología: dos puntos.
- Respecto a las aplicaciones incorporan comentarios innecesarios. Además están mal evaluadas una vez que su máximo valor es un punto. El lenguaje puede ser el adecuado, pero parece insuficiente una vez que no hay nada específico a la industria química y, como en el caso anterior, está mal evaluada una vez que lo máximo que puede asignársele es un punto. Finalmente, se indica un modelo capaz de dar respuesta a la pregunta: cuatro puntos.
- En la metodología, en el procedimiento para la obtención de datos, al no indicar dónde va a buscar no se le asigna ningún punto. Es importante ubicar las fuentes de donde se obtiene la información para poder estar en condiciones de establecer algún juicio sobre las mismas. Además, en este caso, en la sección de referencias no aparece ninguna a la metodología. En el procesamiento indica lo que hay que hacer, pero no lo hace, por lo que no se le puede asignar tampoco ningún punto, lo que lleva a no poder obtener ninguna conclusión derivada de los datos. Cero puntos en metodología.
- Aunque hay respuesta y pudiera ser aceptable, al derivarse únicamente de los conceptos merece un punto, que es con lo que el estudiante se autoevaluó.
- En las referencias hay dos asignadas a los hechos y las mismas a los conceptos, formalmente debieran de ser una y una, pero es aceptable: dos puntos.

La evaluación final es 11/20 en lugar del 13/20 con la que se autoevaluó el alumno.

Diagrama heurístico sobre: La industria química en la economía		PTS
Hechos La participación de la Industria Química en la economía es notoria, sin embargo sólo unos cuantos países son los que contribuyen con una mayor cantidad de productos para la sociedad y por consiguiente son los que más impactan en la economía mundial.		2
Pregunta ¿Qué es lo que provoca el poco desarrollo de ciertos países en la industria química en comparación con los otros?		2
Conceptos	Metodología	
Aplicaciones Para entender por qué ciertos países no logran desarrollarse, es importante conocer cuáles son los puntos en los que se debe trabajar. Nuestro futuro como químicos debe estar enfocado a contribuir satisfactoriamente con la industria química.	Procedimiento para la obtención de datos Buscar información básica del tema Hacer una segunda búsqueda más profunda en otras fuentes tomando como punto de partida las ideas clave de la primera búsqueda.	1
		1
Lenguaje Producto Interno Bruto (PIB) Activo fijo.	Procesamiento de los datos para obtener un resultado Resumen con la información más importante	1
		0
Modelo El modelo que se utiliza para dar respuesta a esa pregunta es un modelo de mercado, en donde se aprecia como funciona el intercambio de bienes y servicios en determinadas condiciones y tiempo, y donde se ve como hay un incremento o descenso en la economía con base en esas características.	Análisis y/o conclusión derivado de los datos Para que la aportación a la economía por parte de la industria química sea mayor es necesario hacer una gran inversión, agregar valor al producto, ser innovadores, para eso habrá que tomar estrategias que permitan impulsar el desarrollo de la industria.	2
		1
Respuesta Es la poca capacidad de inversión que tienen países poco desarrollados la que impide la sustentabilidad de procesos tan costosos como los de la industria química, lo que genera que capital extranjero venga a trabajar a estos países. Obviamente, esto va a repercutir en el costo de los productos que se generen afectando la economía del país.		1
Referencias De los hechos: Happel, J., Jordan, D.G., Economía de los Procesos Químicos, Reverté, España, 1981. Del modelo: León, Omar., Comercio Exterior Vol. 54, núm. 6 , La industria química en México, 2004 guía-de-la-industria.com/2011/química.php consultada 02/05/2015 De la metodología:		2
Autoevaluación		13/20

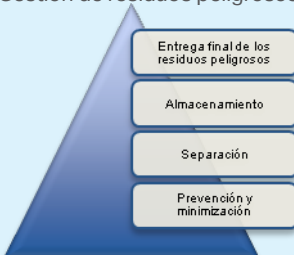
No hay dudas del aceleradísimo cambio ambiental al que las actividades humanas están sometiendo a la Tierra... es imposible que el crecimiento ininterrumpido continúe indefinidamente. De todas maneras la racionalidad quiere causas... Ahí la racionalidad nos indica claramente qué hacer: disminuir el número de personas, disminuir el consumo, fomentar la desespecialización.

— C. AMADOR, 2014

El siguiente DH fue realizado por un grupo de alumnas de bachillerato utilizando la plantilla obtenida de la red, pero modificada por ellas mismas.

- El DH no tiene nombre.
- Hay al menos dos hechos (sería conveniente que tuvieran una fecha): dos puntos.
- Hay una pregunta relacionada lejanamente con los hechos, es decir, se puede construir sin considerar ninguno de ellos y son los que le dan contexto: un punto.
- Los conceptos son adecuados pero podrían precisarse, ello facilitaría la lectura y daría más espacio para la respuesta, así como para la metodología. Cuatro puntos.
- En la metodología se indica adecuadamente cómo se obtuvieron los datos, pero no se hace lo mismo con el procesamiento, que no se reconoce explícitamente, es decir, no hay procesamiento de datos. Lo anterior conlleva a que la conclusión se obtenga de los conceptos y no de la propia investigación: un punto.
- La respuesta se basa en los conceptos y no en la metodología: un punto.
- Hay más de una referencia a las secciones de DH. Además de que en general es innecesario porque de lo que se trata es de ubicar lo fundamental, la referencia correspondiente a la metodología no es de metodología: dos puntos.

La evaluación final es 11/20 que contrasta con el 17/20 con que las alumnas se autoevaluaron.

Diagrama heurístico sobre:		PTS
<p>Hechos: La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa) informó que hay 29 toneladas de residuos peligrosos mal manejadas que se detectaron en puntos carreteros, transporte, aduanas y contenedores de carga. El Senado de la República modificó la Ley General de Salud, a fin de mejorar y modernizar los mecanismos en el manejo de Residuos Peligrosos Biológico-Infecciosos (RPBI) y facilitar la disminución de la contaminación. La diputada federal de Huauchinango, Guadalupe Vargas Vargas, propuso una modificación al artículo 47 de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, respecto de los pequeños generadores de residuos peligrosos.</p>		2
<p>Pregunta: Nosotros, como seres humanos, ¿qué podemos hacer para evitar la contaminación de los residuos peligrosos que nosotros mismos producimos?</p>		3
Conceptos	Metodología	
<p>Aplicaciones: Los bienes de consumo, que son todas aquellas mercancías producidas por y para la sociedad, las utilizamos para satisfacer directamente una necesidad. Desde hace muchos años, y cada vez más, consumimos y desecharnos bienes de una manera masiva. Muchas veces, numerosos de estos productos, algunos de uso doméstico como papeles, cartones, metales, plásticos y vidrios, entre otros, una vez utilizados o al concluir su vida útil, se convierten en residuos peligrosos produciendo así un grave impacto medioambiental que está acabando con los recursos del planeta, que tanto por su composición, manipulación, tratamiento y disposición final, pueden acarrear los más diversos trastornos ambientales, con sus consecuentes perjuicios en la salud humana.</p>	<p>Procedimiento para la obtención de datos</p> <p>Observación: Al observar la situación en que está México respecto a la contaminación, cada miembro de nuestro equipo buscó noticias sobre este tema en revistas, periódicos e internet para desarrollar el proyecto. Luego de la búsqueda encontramos noticias sobre los residuos peligrosos que surgen de nuestro consumismo, su tratamiento y reformas para mejorar su uso y reciclaje. Investigación: luego de encontrar las noticias, recolectamos información sobre el tema, buscamos los conceptos y aplicaciones de los residuos, además de indagar más sobre las reformas para evitar su contaminación.</p>	4
		2
<p>Lenguaje: Residuo peligroso: son todos aquellos objetos, materiales, sustancias o productos que al terminar su vida útil o uso son descartados o desechados y que por las sustancias o elementos que los componen, pueden causar riesgo o daño para la salud y/o el ambiente. Gestión: es la asunción y ejercicio de responsabilidades sobre un proceso (es decir, sobre un conjunto de actividades)</p>	<p>Procesamiento de los datos para obtener un resultado</p> <p>Gestión de residuos peligrosos:</p> 	
<p>Modelo: Un modelo de gestión es el conjunto de prácticas, procedimientos, procesos y recursos necesarios para cumplir con una normativa ambiental y están enfocados a la reducción de los impactos sobre el medio ambiente. El modelo de separación del modelo de gestión de residuos se caracteriza por el número y tipo de fracciones en que se separarán los residuos almacenados por el usuario.</p>	<p>Análisis y/o conclusión derivado de los datos</p> <p>Para llevar a cabo una adecuada gestión de los residuos peligrosos, podemos implementar acciones como evitar o disminuir la generación de estos, establecer medidas que permitan llevar a cabo una separación de estos residuos peligrosos antes de ser desechados, almacenarlos temporalmente antes de ser desechados y finalmente, clasificarlos para ser entregados al canal, gestor autorizado, al fabricante o importador del producto o iniciativas institucionales.</p>	
<p>Respuesta: Después de observar el mal manejo que se ha tenido de los residuos peligrosos en nuestro país, y de acuerdo al modelo de separación y a los datos investigados anteriormente, para evitar la contaminación de los residuos peligrosos que desecharnos a partir de los bienes de consumo, es necesario que primero clasifiquemos y separemos los residuos, estableciendo el número y tipo de fracciones en que los separaremos, para posteriormente enviarlos a instalaciones que permitan llevar a cabo un aprovechamiento y/o valorización o tratamiento y/o disposición final adecuada de estos.</p>		3
<p>Referencias: De los hechos:http://diario.mx/Nacional/2015-04-07_7bc9f420/modernizan-mecanismos-en-manejo-de-residuos-peligrosos/ http://www.jornada.unam.mx/ultimas/2015/03/31/detectan-mal-manejo-de-29-toneladas-de-residuos-peligrosos-4739.html http://www.municipiospuebla.com.mx/nota/2015-04-10/huauchinango/propone-diputada-cambios-la-ley-de-gesti%C3%B3n-de-residuos De los conceptos: http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujo/domesticos/gestion/modelo_gestion/ http://www.definicion.org/bienes-de-consumo http://www.alihuen.org.ar/santa-rosa-recicla-basura-cero-la-pampa/residuos-peligrosos-generados-en-nuestras.html Tema Equipo Editorial, Nuevo Tesoro Interactivo Juvenil Química, Arvizu Ediciones http://erenovable.com/medio-ambiente-la-victima-del-consumismo/ De la metodología: http://www.ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=ce1c3988-7569-4214-98c6-ed93252f8edc&groupId=55387</p>		3
<p>Autoevaluación (total de puntos)/20 puntos posibles</p>		17

El avance logrado en el estudio y reconocimiento de la filosofía de la Química están comenzando a tener un impacto en los educadores químicos.

La razón es obvia. Si los profesores desean enseñar Química con mas eficacia, el acercamiento más productivo para lograrlo es buscar un entendimiento más profundo de la disciplina.

Por ejemplo, se puede pensar en un profesor de Química como una persona que proporcione explicaciones científicas y en particular explicaciones químicas.

La mayoría de los profesores de Química tienen un percepción intuitiva de lo que una explicación significa, pero les resultaría difícil analizar el concepto de una explicación científica si se les pidiera que lo hicieran.

—E. SCERRI, 2007

El siguiente DH fue realizado por un alumno de maestría en el curso de historia y filosofía de la Química. Ha sido adaptado a la nueva plantilla, por lo que las especificaciones de las referencias no están hechas, pero como puede verse es excelente.

Siendo muy exigentes, la evaluación final coincide con la del alumno: 19/20.

Diagrama heurístico sobre: El método metalúrgico de beneficio de patio o amalgamación		PTS																
Hechos -El método de amalgamación para la extracción de plata fue implementado en Pachuca en 1555 por el sevillano Bartolomé de Medina, convirtiéndose en el principal método metalúrgico empleado en los tres siglos siguientes, sustituyendo al de fundición y llevándose a cabo una revolución tecnológica. [1] - En 1792 se inaugura el Colegio de Minería, institución dirigida a formar ingenieros, con base en modernos conocimientos científicos y técnicos, entre ellos de química, metalurgia y mineralogía, para mejorar la minería en Nueva España. [2] - Los libros con un enfoque moderno <i>Nueva teórica y práctica del beneficio de los metales de José Garcés y Eguía y, Tratado de la amalgamación de Nueva España</i> de Federico Sonneschmidt se emplearon como libros de texto para la cátedra de química y metalurgia del Colegio de Minería durante la mayor parte del siglo XIX. [3] - La independencia de México produjo una crisis en la industria minera mexicana por el escaso mercurio necesario para el procedimiento de patio, pues anteriormente se importaba de España. [4]		3																
Pregunta: ¿Por qué los peritos, ensayadores e ingenieros de minas mexicanos egresados del Colegio de Minería no propusieron tecnologías de beneficio alternativas al método de patio, dadas las dificultades y costos de este procedimiento practicado desde hacía más de dos siglos atrás?		3																
Conceptos	Metodología																	
Aplicaciones - Amalgamas odontológicas - Estudio teórico de un proceso fisicoquímico complejo - Estudios de historia de la ciencia	Procedimiento para la obtención de datos: Investigación documental en diarios y documentos de archivo sobre la participación de los ingenieros egresados del Colegio de Minería en la industria minera mexicana y el papel que desempeñaron en las mismas. Búsqueda en los libros de texto decimonónicos existentes en la biblioteca del Colegio de Minería sobre las representaciones teóricas de los diferentes métodos metalúrgicos. Búsqueda en diarios oficiales sobre las patentes que se concedieron en torno al método de amalgamación	1																
		1																
Lenguaje Amalgama - Innovación incremental - Innovación radical - Adopción masiva - Revolución tecnológica - Paradigma tecnoeconómico - Insumo clave - Eficiencia técnica - Productividad - Trayectoria natural - Sistema tecnológico - Azogue - Saltierra - Magistral - Hacienda - Changarro	Procesamiento de los datos para obtener un resultado <table border="1"> <thead> <tr> <th>Año</th> <th>Acontecimiento</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1555</td> <td>Bartolomé de Medina introduce una innovación radical en la industria metalúrgica mexicana: el método de beneficio de patio adoptándose masivamente por los mineros mexicanos dejando atrás el costoso método de fundición y dándose inicio un nuevo rumbo tecnológico.</td> </tr> <tr> <td>1556 y ss.</td> <td>Numerosas personas del ramo minero proponen innovaciones incrementales al método de beneficio de patio</td> </tr> <tr> <td>1622</td> <td>El virrey Diego Carrillo de Mendoza y Pimentel, marqués de Gelves prohíbe el uso del método de fundición para beneficiar plata.</td> </tr> <tr> <td>1792</td> <td>Se inaugura el Colegio de Minería en la Ciudad de México con el propósito de formar los cuadros de profesionales científicos que mejoraran las técnicas minero-metalúrgicas.</td> </tr> <tr> <td>1800</td> <td>Se expiden los primeros títulos de perito facultativo de minas a los alumnos que completaron sus estudios</td> </tr> <tr> <td>1810-1875</td> <td>Algunos egresados del Colegio de Minería propusieron innovaciones incrementales a los métodos de amalgamación empleados en las haciendas mexicanas</td> </tr> <tr> <td>1822</td> <td>Una vez lograda la independencia, inversionistas ingleses se interesaron por la minería mexicana, lo cual aseguró el abasto del mercurio necesario para el beneficio.</td> </tr> </tbody> </table>	Año	Acontecimiento	1555	Bartolomé de Medina introduce una innovación radical en la industria metalúrgica mexicana: el método de beneficio de patio adoptándose masivamente por los mineros mexicanos dejando atrás el costoso método de fundición y dándose inicio un nuevo rumbo tecnológico.	1556 y ss.	Numerosas personas del ramo minero proponen innovaciones incrementales al método de beneficio de patio	1622	El virrey Diego Carrillo de Mendoza y Pimentel, marqués de Gelves prohíbe el uso del método de fundición para beneficiar plata.	1792	Se inaugura el Colegio de Minería en la Ciudad de México con el propósito de formar los cuadros de profesionales científicos que mejoraran las técnicas minero-metalúrgicas.	1800	Se expiden los primeros títulos de perito facultativo de minas a los alumnos que completaron sus estudios	1810-1875	Algunos egresados del Colegio de Minería propusieron innovaciones incrementales a los métodos de amalgamación empleados en las haciendas mexicanas	1822	Una vez lograda la independencia, inversionistas ingleses se interesaron por la minería mexicana, lo cual aseguró el abasto del mercurio necesario para el beneficio.	1
		Año	Acontecimiento															
		1555	Bartolomé de Medina introduce una innovación radical en la industria metalúrgica mexicana: el método de beneficio de patio adoptándose masivamente por los mineros mexicanos dejando atrás el costoso método de fundición y dándose inicio un nuevo rumbo tecnológico.															
		1556 y ss.	Numerosas personas del ramo minero proponen innovaciones incrementales al método de beneficio de patio															
		1622	El virrey Diego Carrillo de Mendoza y Pimentel, marqués de Gelves prohíbe el uso del método de fundición para beneficiar plata.															
		1792	Se inaugura el Colegio de Minería en la Ciudad de México con el propósito de formar los cuadros de profesionales científicos que mejoraran las técnicas minero-metalúrgicas.															
		1800	Se expiden los primeros títulos de perito facultativo de minas a los alumnos que completaron sus estudios															
		1810-1875	Algunos egresados del Colegio de Minería propusieron innovaciones incrementales a los métodos de amalgamación empleados en las haciendas mexicanas															
1822	Una vez lograda la independencia, inversionistas ingleses se interesaron por la minería mexicana, lo cual aseguró el abasto del mercurio necesario para el beneficio.																	
Modelo: Revoluciones tecnológicas de Carlota Pérez [5]	Análisis y/o conclusión derivado de los datos: El método de fundición era bastante costoso y poco eficiente, lo cual favoreció que el método de beneficio de patio, en el que se empleaba mercurio como insumo clave, lo sustituyera al ser más ventajoso, eficiente y productivo.	2																
		2																
Respuesta: Porque en la época del Colegio de Minería, el método de beneficio de patio aún no agotaba su trayectoria natural innovativa, ni se había dado una explicación teórica definitiva de éste en términos de la química moderna. Los peritos, ensayadores e ingenieros egresados de esta institución, al ser parte del paradigma tecnoeconómico, participaron activamente en la implementación de innovaciones incrementales al método y en la construcción de las interpretaciones teóricas del mismo. Además las medidas políticas e inversiones extranjeras ayudaron a disminuir las dificultades que generaba el abasto de mercurio, lo cual evitó una crisis en el empleo de este insumo clave.		2																
Referencias [1] Castillo M. (2006). <i>Bartolomé de Medina y el siglo XVI</i> . Santander: Universidad de Cantabria, p. 109. [2] Ramos M.P. (2013). <i>Vicisitudes de la ingeniería en México (siglo XIX)</i> . México: UNAM-CEIICH, pp. 46 y 47. [3] Aceves P. (1993). <i>Química, botánica y farmacia en la Nueva España a finales del siglo XVIII</i> . México: UAM-X, p.121. [4] Romero, M. (1997). <i>Minería y guerra. La economía de Nueva España 1810-1821</i> . México: UNAM-CM México, p. 142 [5] Pérez, C. (2005). <i>Revoluciones tecnológicas y capital financiero</i> . México: Siglo XXI, pp. 25-77		3																
Autoevaluación		19/20																

Nuestros actos, nuestras instituciones, nuestros afectos tienen evidentemente sentido pero sólo un sentido contingente, como nosotros mismos.

— F. SAVATER, 2003

El último DH comentado corresponde a un equipo de tres alumnos de licenciatura, de varias carreras (aproximadamente a la mitad de las mismas), que realizaron un experimento adaptando un equipo para realizar una medición. Es importante hacer notar que en este caso los alumnos, a pesar de que obtienen una respuesta a la pregunta, ante la magnitud de lo que responden deciden presentar un resultado. Así:

- Hay hechos relevantes, pero no todos ellos: dos puntos.
- La pregunta es clara y acotada basada en alguno de los hechos: dos puntos. Tanto los conceptos como la metodología son adecuados: ocho puntos en total.
- La decisión de escoger un resultado por una respuesta se deriva del gran error obtenido en el experimento. Por ello, los alumnos escogen un resultado y al proponer una alternativa metodológica razonable merecen dos puntos.
- Las referencias hacen mención a los hechos y los conceptos, pero aunque hay una correspondiente a la metodología no es correcta: dos puntos.

La evaluación final es 16/20, mientras que la autoevaluación de los alumnos fue 20/20.

Diagrama heurístico sobre: El Kaliapparat		PTS																
Hechos relevantes El kaliapparat es un aparato donde a través de la combustión de compuestos orgánicos y otra reacción secundaria es posible cuantificar cantidad de carbono e hidrogeno proveniente de la combustión de dichos compuestos. La combustión es una reacción química que se produce entre el oxígeno (comburente) y un material oxidable (combustible, materia orgánica en este caso), que va acompañada de desprendimiento de energía y habitualmente se manifiesta por incandescencia o llama. La reacción secundaria que ayuda a cuantificar la cantidad de carbono es: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ donde el CO_2 de los reactivos es uno de los resultados de la combustión a la que se somete la muestra problema		3																
Pregunta: ¿Cuál es el porcentaje de error en la determinación de la formula mínima del ácido tartárico usando una adaptación del kaliapparat?		3																
Conceptos	Metodología																	
Aplicaciones El kaliapparat es un instrumento con el cual es posible hacer la determinación de fórmulas mínimas de compuestos orgánicos. El kaliapparat es ilustrativo de las técnicas usadas en el desarrollo histórico de la química.	Procedimiento para la obtención de datos Se revisó las propiedades físicas y químicas de los reactivos a usar. Llevamos a cabo con asesoría un análisis del kaliapparat antiguo y una adaptación de la instrumentación para llevar a cabo el experimento en condiciones actuales (ya que en la facultad de Química de la UNAM no existe un kaliapparat como el de Liebig).	1																
		1																
Lenguaje Formula mínima, kaliapparat, agua de cal, solución saturada, compuestos fuente de oxígeno.	Procesamiento de los datos para obtener un resultado <table border="1"> <thead> <tr> <th>Elementos</th> <th>Masa obtenida</th> <th>Cant. sustancia</th> <th>Proporciones</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Carbono</td> <td>0.0191 g</td> <td>0.001591mol</td> <td>1.01</td> </tr> <tr> <td>Oxigeno</td> <td>0.0254 g</td> <td>0.00158mol</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Hidrogeno</td> <td>1.1011g</td> <td>0.0067 mol</td> <td>4.2</td> </tr> </tbody> </table>	Elementos	Masa obtenida	Cant. sustancia	Proporciones	Carbono	0.0191 g	0.001591mol	1.01	Oxigeno	0.0254 g	0.00158mol	1	Hidrogeno	1.1011g	0.0067 mol	4.2	1
		Elementos	Masa obtenida	Cant. sustancia	Proporciones													
Carbono	0.0191 g	0.001591mol	1.01															
Oxigeno	0.0254 g	0.00158mol	1															
Hidrogeno	1.1011g	0.0067 mol	4.2															
		1																
Modelo Ley de la conservación de la materia: "En toda reacción química la masa se conserva, esto es, la masa total de los reactivos es igual a la masa total de los productos"	Análisis y/o conclusión derivado de los datos El resultado encontrado nos lleva a la conclusión de que el compuesto que analizamos tiene una formula mínima de CHO. Las proporciones encontradas en los componentes de la formula mínima que conocemos darían como resultado CH_4O	2																
		2																
Resultado Las adaptaciones no son lo más eficiente posible pues existe un error de al menos 37.5% con respecto a la proporción del número de átomos en la molécula de ácido tartárico. Es necesario modificar los tamaños del matraz donde se burbujea el CO_2 , ya sea variando el diseño de un sistema o, fabricar un Kaliapparat en un taller de soplado de vidrio.		3																
Referencias De los hechos: Ley de la conservación de la materia. Morcillo, Jesús (1989). <i>Temas básicos de química</i> (2ª edición). Alhambra Universidad. p. 11-12 De los conceptos: <i>Justus von Liebig: un docente en Química Orgánica y su influencia en la Farmacia Española</i> , María del Carmen Francés Causapé, Anal. Real Acad. NAal. Farm., VOL. 69 (4) De la metodología: <i>Relevancia de Liebig en el desarrollo de la Química Orgánica</i> , Carmen Avendaño López, Anal. Real Acad. Nal. Farm., vol.69 (4)		3																
Autoevaluación (total de puntos entre los posibles).		20																

Conclusiones

*Aprender sin pensar es inútil.
Pensar sin aprender, peligroso.*

— CONFUCIO

Mucha de la enseñanza de las ciencias, desde la primaria hasta el posgrado no es científica. Es en palabras de uno de los más importantes teóricos de la educación (Schwab, 1962) “retórica de conclusiones”. Con esto se quiere decir que lo único que se dan son resultados del acto científico de investigar, es decir, se asevera sin demostrar. Así que materiales tan diversos como el aceite de oliva, el vidrio, el oro, los gases emanados de un volcán o los pétalos de una rosa están formados por átomos o moléculas no resulta trivial para cualquier joven, como no lo era para algunos ganadores del Premio *Nobel* de Química, o para muchos de los más importantes químicos franceses del siglo XIX, que no por ello eran ignorantes. Los jóvenes lo aceptan, porque los libros y los profesores lo dicen... es decir: es un dogma.

A lo largo de esta obra se ha defendido la idea de que alrededor del concepto de alfabetización científica surgió la necesidad de incluir en los currículos de ciencias, además de los conocimientos científicos, aspectos relacionados con la tecnología, la sociología, la filosofía o la historia, a fin de lograr una mayor participación ciudadana en la toma fundamentada de decisiones. Además que, de las diversas aproximaciones que se han identificado del contexto en la educación, es aquella que remite a las circunstancias sociales, la que mejor permite valorar el sentido de un determinado problema.

Posteriormente, a partir del cuestionamiento del positivismo en la segunda mitad del siglo XX, se reconoció que hay diferentes ciencias con diferentes métodos de obtener conocimiento científico. Sin embargo, hay aspectos comunes a prácticamente todas ellas, que es lo que hay que destacar:

- El conocimiento científico busca ser objetivo.
- El conocimiento científico busca las causas.
- El conocimiento científico busca regularidades.
- El conocimiento científico es tentativo.
- El conocimiento científico está limitado por la sociedad en la cual se desarrolla.

Lo anterior se resume en que los practicantes de las ciencias buscan pasar de un conocimiento subjetivo individual y generalmente poco probado (y por lo tanto poco confiable) a otro conocimiento objetivo, público (es decir, compartido por las comunidades científicas) probado, usado y en el que las sociedades tienen confianza... y para ello necesitan pensar, pensar científicamente.

Pensar científicamente es preguntarse "abiertamente", reconocer los hechos significativos, buscar o construir modelos que permitan dar respuesta a la pregunta y argumentar adecuadamente para defenderla. El pensamiento científico se ha desarrollado apelando a las pruebas que permitan verificar lo que se dice.

Notas

- 1 Ver: Delors, 1996; Pozo, 1997; Millar and Osborne, 1998; Furió *et al*, 2001; Chamizo, 2013.
- 2 Como lo han identificado Holbrook and Rannikmae, 2007.
- 3 Ver: Roth and Lee, 2004.
- 4 Como lo han reconocido, entre otros: Monke and Osborne, 2013; Clough, 2007; Hodson, 2008.
- 5 De la UNESCO (Jenkins, 1997), ICASE con UNESCO (Penick, 1993) y la OCDE (Black y Atkin, 1996).
- 6 Por ejemplo: Bauer, 1994; Black y Atkin, 1996; Chassot 2003; Flick y Lederman, 2006; Fourez 1994; Giordan y De Vecchi, 1995; Khine, 2012; Millar y Osborne, 1998; Roberts, 2007; Rutherford, 1989; Shamos, 1995.
- 7 Shen, 1975.
- 8 Aikenhead, 1985.
- 9 Roberts, 2007.
- 10 Como lo indican: Roberts, 2007 y Dillon, 2009.
- 11 Una no tan reciente y autorizada revisión sobre este tema es la de Lederman, 2007 y una más reciente es la de Hodson, 2014.
- 12 Gilbert, 2006.
- 13 Piaget e Inhelder, 1969; Vygotsky, 1962; Ausubel *et al.*, 1993.
- 14 Por ejemplo: Arcà, 1990; Bybee y DeBoer, 1994; Claxton 1994; Duschl and Grandy 2008; Fensham, 1988; Gil y Vilches 2006; Levinson, 1994; Matthews, 2014; Osborne y Freyberg, 1998; Pearsall, 1993; Pfund and Duit, 1987; Pimentel and Ridgway, 1988; Shymansky *et al.*, 1983.
- 15 Schwab, 1962.
- 16 Arcà *et al*, 1990.
- 17 Selltiz, Jahoda, Deutsch y Cook, 1969.
- 18 Véase por ejemplo: Goldstein y Goldstein, 1987.
- 19 Véase por ejemplo: BBC Mundo, 2013.
- 20 Como lo indica Goodman (2013): *El físico da por sentado que su mundo es el mundo real y explica las eliminaciones, adiciones irregularidades y énfasis de otras versiones por factores tales como las imperfecciones de la percepción, las urgencias de la práctica o la licencia poética. El fenomenólogo, por el contrario, considera que el mundo de la percepción es el fundamental y atribuye las mutilaciones, las abstracciones, las simplificaciones o las distorsiones que se efectúan en otras versiones como efecto de los intereses científicos, artísticos o prácticos que esas versiones comportan. Para el hombre de la calle, la mayoría de las versiones que suministran la ciencia, el arte o la percepción difieren de formas distintas del mundo familiar de que él se sirve y que él mismo ha construido en un bricolaje barato a partir de diversos fragmentos de las tradiciones científica y artística y de su propia lucha por la supervivencia.* Véase también: Lombardi y Pérez Ransanz, 2012 o Sandküler, 1999.
- 21 Véase por ejemplo: Chamizo, 2013, 2013a; Clement, 2008; Gilbert and Boulter, 2000; Seok and Jin, 2011.
- 22 Véase Kneller, 1981, p. 40.
- 23 *Diccionario de la Lengua Española*, Edición del Tricentenario, en <http://dle.rae.es/?id=3YKtkpX>, consultado el 18 de octubre de 2017.
- 24 Véase por ejemplo: Chamizo, 2007; Erduran and Jiménez-Aleixandre, 2008; Sardá y Sanmartí, 2000; Toulmin, 2003.
- 25 Pérez y Chamizo, 2013.
- 26 Heurístico viene de la palabra griega heuriskein, descubrir. Los diagramas heurísticos son una modificación y ampliación de la V de Gowin. Véase por ejemplo: Novak y Gowin, 1984; Chamizo y Hernández, 2000; Chamizo, 2013.
- 27 Véase por ejemplo: Chamizo 2012; Chamizo and García-Franco, 2013; Chamizo, 2015.
- 28 Sobre esto Savater (2003) indica: *Actuar es en esencia elegir y elegir consiste en conjugar adecuadamente conocimiento, imaginación y decisión en el campo de lo posible.*
- 29 La autoevaluación es una de las estrategias más importantes para mejorar el logro educativo como lo informa Hattie, 2009.

Referencias

- AIKENHEAD, G.S. (1985). "Collective decision making in the social context of science", *Science Education*, 69, 453-475.
- AMADOR, C. (2014) *El mundo finito. Desarrollo Sustentable en el Siglo de Oro de la Humanidad*, México: FCE-FQ-UNAM.
- ARCÀ, M.; GUIDONI, P. y MAZZOLI, P. (1990). *Enseñar ciencia. Cómo empezar: reflexiones para una educación científica de base*, Barcelona: Paidós.
- AUSUBEL, D.; NOVAK, J. y HANESIAN, H. (1993). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*, México: Trillas.
- BAUER, H. H. (1994). *Scientific Literacy and the Myth of the Scientific Method*, Urbana: University of Illinois.
- BBC MUNDO (2013). *El engaño que provocó la guerra en Irak*, en www.bbc.com/mundo/noticias/2013/03/130318_irak_guerra_espas_engano_nm Consultado el 10 de octubre de 2017.
- BLACK, P. and ATKIN, J.M. (1996). *Changing the Subject. Innovations in Science, Mathematics and Technology Education*, London: OCDE-Rutledge.
- BYBEE, R.W. and DEBOER, G. (1994). "Research on Goals for the Science Curriculum" en D. L. GABEL (ed.) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, New York: NSTA-Mcmillan, pp. 357-387.
- CHAMIZO, J.A. (2007). "Las aportaciones de S. Toulmin a la enseñanza de las ciencias", *Enseñanza de las Ciencias*, 25, 133-146.
- CHAMIZO, J.A. (2012). "Heuristic diagrams as a tool to teach history of science", *Science & Education*, 21, 745-762.
- CHAMIZO, J.A. (2013a). "A new definition of models and modeling in chemistry teaching" *Science & Education*, 22, 1613-1632.
- CHAMIZO, J.A. (2013). *De la paradoja a la metáfora. La enseñanza de la química a través de sus modelos*, México: UNAM-Siglo XXI.
- CHAMIZO, J.A. (2015). "How to teach atomic structure using computer simulations of fundamental experiments and heuristic diagrams for historical context", *Proceedings of the ICERI 2015 Conference*, Sevilla.
- CHAMIZO, J.A. y HERNÁNDEZ, G. (2000). "Evaluación de los aprendizajes. Cuarta Parte: Construcción de preguntas, Ve de Gowin, examen ecléctico individualizado" *Educación Química*, 11, 182-187.
- CHAMIZO, J.A. and GARCÍA-FRANCO, A. (2013). "Heuristic diagrams as a tool to formatively assess teachers' research", *Teachers and Teaching: Theory and Practice*, 19, 135-149.
- CHASSOT, A. (2003). *Alfabetização científica. Questões e desafios para a educação*, Rio Grande do Sul: Editorial Unijui.
- CLAXTON, G. (1994). *Educar mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela*, Madrid: Visor.
- CLEMENT, J.J. (2008). *Creative model construction in Scientist and Students*, New York: Springer.
- CLOUGH, M. P. (2007). "Teaching the Nature of Science to Secondary and Post-Secondary Students: Questions rather than tenets", *The Pantaneto Forum*. 25, en <http://www.pantaneto.co.uk/issue25/clough.htm> (consultada: 25 de abril de 2017).
- DELORS, J. (1996). *La educación encierra un tesoro*, París: UNESCO.
- DILLON, J. (2009). "On Scientific Literacy and Curriculum Reform", *International Journal of Environmental & Science Education*, 4, 201-213.
- DUSCHL, R. and GRANDY, R. (2008). *Teaching Scientific Inquiry. Recommendations for Research and Implementation*, Rotterdam: Sense Publishers.
- ERDURAN, S. and JIMENEZ-ALEIXANDRE, M.P. (2008)(Eds). *Argumentation in Science Education: Perspectives from classroom based research*, Dordrecht: Springer.

- FENSHAM, P. J. (ed) (1988). *Development and Dilemmas in Science Education*, London: The Falmer Press.
- FLICK, L. and LEDERMAN, N.G. (2006). *Scientific Inquiry and Nature of Science*, Dordrecht: Springer.
- FOUREZ G. (1994). *Alfabetización Científica y Tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*, Buenos Aires: Ediciones Colihue.
- FURIÓ, C., VILCHES A., GUIASOLA, J. y ROMO V. (2001). "Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica?", *Enseñanza de las ciencias*, 19, 365-376.
- GIL, D. y VILCHES, A. (2006). "Educación ciudadana y alfabetización científica. Mitos y realidades", *Revista Iberoamericana de Educación*, 42, 31-53.
- GILBERT, J.K. and BOULTER C.J. (2000). *Developing Models in Science Education*, Dordrecht: Kluwer
- GILBERT, J. K. (2006). "On the Nature of 'Context' in Chemical Education", *International Journal of Science Education*, 28, 957-976.
- GIORDAN, A. y DE VECCHI, G. (1995). *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*, Sevilla: Díada Editorial.
- GIRAL, F. (1969). *Enseñanza de la Química Experimental*, Monografías 6. Washington: Organización de Estados Americanos.
- GOLDSTEIN M., and GOLDSTEIN I. (1987) *The Experience of Science. An Interdisciplinary Approach*. New York: Plenum Press.
- HATTIE J. (2009) *Visible Learning. A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achivement*, London: Routledge.
- HAWKING S. y MLODINOW L. (2010) *El Gran Diseño*, Barcelona: Crítica.
- HODSON, D. (2008). *Towards Scientific Literacy: A Teachers' Guide to the History, Philosophy and Sociology of Science*, Rotterdam: Sense Publishers.
- HODSON, D. (2014). "Nature of Science in the Science Curriculum: Origin, Development, Implications and Shifting Emphases", en M. MATTHEWS (ed) *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, Dordrecht: Springer.
- HOLBROOK, J. and RANNIKMAE, R. (2007). "The nature of science education for enhancing scientific literacy", *International Journal of Science Education*, 29, 1347-1362.
- JENKINS, E. W. (1997). "Scientific and technological literacy: Menings and rationales", in E.W. JENKINS (ed) *Innovations in science and technology education (Vol II)*, París: UNESCO.
- JUDSON, H.F. (1984). *La búsqueda de respuestas*, México: Fondo Educativo Interamericano.
- KNELLER, G.G. (1981) La ciencia en cuanto esfuerzo humano, en Chamizo J.A. (compilador) *Aspectos filosóficos y sociales de las ciencias*, México: FQ-UNAM.
- KHINE, M. S. (ed.) (2012). *Advances in Nature of Science Research. Concepts and Methodologies*, Dordrecht: Springer.
- KOSMA R. and RUSSELL J. (2005). "Students Becoming Chemist: Developing Representational Competence" en Gilbert J.K. (ed.), *Visualization in Science Education*, Dordrecht: Springer.
- LEDERMAN, N. G. (2007). "Nature of science: Past, present, and future", en S. K. ABELL and N. G. LEDERMAN (Eds.), *Handbook of research on science education*, Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates.
- LEVINSON, R. (ed) (1994). *Teaching Science*, London: The Open University Press-Routledge.
- LOMBARDI, O. y PÉREZ RANSANZ, A.R. (2012). Los múltiples mundos de la ciencia. Un realismo pluralista y su aplicación a la filosofía de la física, México: UNAM-Siglo XXI.
- MATTHEWS, M. (ed) (2014). *International Handbook of Research in History*,

- Philosophy and Science Teaching*, Dordrecht: Springer.
- MATTHEWS, M. (2008). "Changing the Focus: From Nature of Science to Features of Science" en M.S. Khine (ed) *Advances in Nature of Science Research*, Dordrecht: Springer.
- MILLAR, R. and OSBORNE, J. (1998). *Beyond 2000: Science education for the future*, London: Kings's College.
- MONKE, M. and OSBORNE, J. (2013). "Placing the History and Philosophy of Science on the Curriculum: a Model for the Development of Pedagogy", *History and Philosophy of Science*, John Wiley & Sons, Inc, 405-424, 1997, en: <http://www.csun.edu/~kdm78513/coursework/625/assignments/documents/philoscience.pdf> (consulta: 13 diciembre de 2014).
- NOVAK, J. and GOWIN, R. (1984). *Learning how to learn*, Cambridge: Cambridge University Press.
- OSBORNE, R. y FREYBERG, P. (1998). *El aprendizaje de las ciencias. Influencia de las "ideas previas" de los alumnos*, Madrid: Narcea.
- PEARSALL, M. K. (1993). *The Content Core. A Guide for Curriculum Designers*, Washington: NSTA.
- PENICK, J. E. (1993). *Scientific literacy: An annotated bibliography*, París: UNESCO.
- PÉREZ Y. y CHAMIZO J.A. (2013). "El ABP y el Diagrama Heurístico como herramienta para desarrollar la argumentación escolar en las asignaturas de ciencias", *Ciencia y Educação*, 19, 499-516.
- PFUND, H. and DUIT, R. (1987). *Bibliography: Students alternative conceptions and Science Education*, Kiel: IPN.
- PIAGET, J. and INHELDER, B. (1969). *Psychology of the child*, New York: Basic Books.
- PIMENTEL, G. and RIDGWAY, D. (1988). "Chem Study: Past-Present-Future", *Chem13 News*, 178, pp. 4-5.
- PIERCE, C.S. (2012). *Obra filosófica reunida*. Tomo II (1893-1913), N. Houser y C. Kloesel (eds) México: Fondo de Cultura Económica.
- POZO, J. I. (1997). "La crisis de la educación científica ¿volver a lo básico o volver al constructivismo?", *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 14, 91-104.
- ROBERTS, D. A. (2007). "Scientific Literacy/Science Literacy", en S.K. ABELL and N. G. LEDERMAN, *Handbook of Research on Science Education*, London: Lawrence Erlbaum.
- ROTH, W.M. and LEE, S. (2004). "Science Education as/for participation in the community", *Science Education*, 88, 263-291.
- RUTHERFORD, F. J. (1989). *Science for All Americans AAAS.Project 2061*, New York: Oxford University Press.
- SANDKÜLER, H.L. (1999). *Mundos posibles. El nacimiento de una nueva mentalidad científica*, Madrid: Akal.
- SARDÁ, A., y SANMARTÍ, N., (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de les classes de ciències, *Enseñanza de las Ciencias*, 18, 405-422.
- SAVATER, F. (2003). *El valor de elegir*, Barcelona: Ariel.
- SCERRI, R. (2007). "La nueva filosofía de la química y su importancia en la educación química" en Chamizo, J.A. *La esencia de la química*, México: Facultad de Química.
- SCHWAB, J. J. (1962). *The teaching of science as inquiry*, Cambridge: Harvard University Press.
- SHAMOS, M. H. (1995). *The Myth of Scientific Literacy*, New Brunswick: Rutgers University Press.
- SHEN, B.S.P. (1975). "Scientific literacy and the public understanding of science", en S.B. DAY (ed) *Communication of science information*, Basel: Karger.
- SELLTIZ, C.; JAHODA, M.; DEUTSCH, M. y COOK, S.W. (1969). *Métodos de investigación en las relaciones sociales*. Madrid: Ediciones Rialp.

- SEOK, P. and JIN, S. (2011). "What Teachers of Science Need to Know about Models: An overview", *International Journal of Science Education*, 33, 1109-1130.
- SHYMANSKY, J.A., KYLE JR., W. C. and ALPORT, J. M. (1983). "The effects of new science curricula on students performance", *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 387-404.
- TOULMIN S., (2003). *The Uses of Argument*, Cambridge: Cambridge University Press.
- VYGOTSKY, L. (1962). *Thought and language*, New York: Wiley.
- WARBURTON N. (2005) *Pensar de la A a la Z*, Barcelona: Gedisa.

Apéndice

Se ha diseñado una plantilla con el diagrama heurístico que puede completarse accediendo a la dirección <https://goo.gl/NVELor>

No desesperes, tarda un poco de tiempo, pero la plataforma se abre.

Una vez que hayas accedido, aparece el documento de la siguiente página.

1. Copia el diagrama heurístico.
2. Pégallo en un documento de Word.
3. Ya puedes rellenarlo. Asegúrate de revisar la rejilla de autoevaluación para que no te falte nada. Los colores indican secciones y puntos de la autoevaluación.
4. Recuerda que **EL DIAGRAMA HEURÍSTICO DEBE OCUPAR MÁXIMO UNA CUARTILLA.**
5. Guárdalo.
6. Envíasele por correo electrónico al profesor (o como él te indique) o compártelo con tus compañeros.

INSTRUCCIONES: borra ÚNICAMENTE el texto que está en color gris para escribir tus respuestas. Si no está la autoevaluación, el diagrama no podrá ser calificado por el profesor. Recuerda que la extensión máxima de este diagrama es de UNA CUARTILLA.

Diagrama heurístico sobre: Escribir el tema sobre lo que se va a investigar		PTS
Hechos relevantes Se refiere a la información obtenida y/o observaciones realizadas respecto a algo que sucede en el mundo que nos lleva a formular una pregunta. Preferentemente deben de identificarse varios de ellos De los conceptos: hecho relevante relacionado con los conceptos De la metodología: hecho relevante relacionado con la metodología De la pregunta: hecho relevante relacionado con la pregunta		0
Pregunta Enunciado de una pregunta abierta centrada en los hechos, clara y contextualizada. Hay que asegurarse que es una sola y única pregunta.		0
Conceptos	Metodología	0
Aplicaciones Se refiere a los usos que tiene el tema que estamos investigando	Procedimiento para la obtención de datos Se refiere a lo que hacemos para obtener la información pertinente para poder contestar la pregunta. Hay que precisar y detallar	0
		0
Lenguaje Se refiere a los términos que requerimos saber para responder la pregunta	Procesamiento de los datos para obtener un resultado Se refiere al manejo de datos y resultados en tablas, gráficas, diagramas etc. que resumen los datos obtenidos	0
		0
Modelo Se refiere al modelo que se usa para dar la respuesta a la pregunta. Puede ser científico, económico, social, etc. Por ejemplo modelo atómico de Lewis, modelo de acidez de Arrhenius, modelo de mercado, modelo de aprendizaje constructivista, etc	Análisis y/o conclusión derivado de los datos Se refiere únicamente a lo obtenido a partir de los datos procesados	0
		0
Respuesta o resultado Una vez elegida una respuesta o un resultado se refiere a la explicación que responde a la pregunta reuniendo los conceptos con la metodología (o a las razones por las cuales el experimento falló, o no se puede contestar la pregunta. Cuando hayan decidido cuál de las dos utilizarán, borra en el título de esta sección la que no usen. En cualquier caso lo que se escribe aquí es un argumento.		0
Referencias Se refiere a los libros, artículos de revistas, páginas web, etc., consultados y utilizados en cada parte de la investigación. Las tres referencias deben ser de fuentes distintas. De los hechos: Referencia de los hechos De los conceptos: Referencia de los conceptos De la metodología: Referencia de la metodología		0
Autoevaluación (total de puntos entre los posibles). Se tienen que sumar todos los puntos obtenidos		20
Integrantes: Escribir el nombre de los integrantes del equipo que completaron el diagrama		

Habilidades de pensamiento científico. Los diagramas heurísticos es una obra editada por la Facultad de Química.

La publicación de esta obra fue posible gracias al apoyo de la Coordinación de Comunicación, a través del Departamento Editorial.

El cuidado de la edición estuvo a cargo de Lic. Brenda Álvarez Carreño.

Diseño de portada e interiores: Alejandro Quinto Campos.

Publicación autorizada por el Comité Editorial de la Facultad de Química.

Noviembre de 2017