

EXPERIMENTO, DESCUBRO Y APRENDO

El sábado 7 de marzo se realizó el concurso "Experimento, Descubro y Aprendo," en los laboratorios del edificio C de la Facultad de Química de la UNAM. Se incluye aquí la lista de ganadores, la descripción de acontecimientos, los trabajos escritos de los cuatro primeros lugares y un resumen de los mecanismos de evaluación. La revista agradece a todos los miembros del jurado por el arduo trabajo realizado.

Andoni Garritz

En el número de enero apareció la convocatoria al concurso, que decía:

Educación Química desea abrir un espacio para que los estudiantes manifiesten su imaginación y creatividad para:

- expresar y analizar sus ideas acerca de algún fenómeno físico y/o químico
- diseñar y llevar a cabo actividades experimentales que les permitan contrastar dichas ideas con la realidad, y
- elaborar explicaciones más precisas sobre los fenómenos observados, a partir de la discusión con sus compañeros, de los resultados del experimento, la reflexión y aplicación de los conocimientos adquiridos antes y durante la observación del fenómeno.

La idea era repartir el mismo día del concurso las instrucciones sobre el experimento a realizar, para solicitar luego una descripción detallada sobre el mismo y la grabación de audio de las discusiones del equipo. En breve, todos los alumnos que se inscribieran irían totalmente a ciegas, si acaso con la única certeza de que se trataba de un concurso experimental.

Las experiencias anteriores que la revista había tenido en los concursos que había convocado eran las siguientes:

- Primer concurso, convocado en julio de

1989: "Doscientos veinte años de tabla periódica. El impacto del descubrimiento de D.I. Mendeleiev en 1869"

Número de participantes 4
Ganador Andrey Zarur Jury

- Segundo concurso, convocado en abril de 1990: "A pesar de qué o gracias a qué me decidí a estudiar una carrera del área de química. Explica por qué te metiste en este rollo o a pesar de qué sigues en él".

Número de participantes 11
Ganadores Francisco Giral López
Miguel Ángel Landeros Urbina

Con estos antecedentes, más el retraso de tres semanas en la aparición de la revista de enero, sumadas a la incertidumbre intrínseca del concurso, el raquitismo de los premios ofrecidos y la imposibilidad de participación de todos nuestros lectores en los estados, esperábamos que unos pocos grupos de cada categoría se inscribieran antes de la fecha límite, que se fijó una semana antes, el 28 de febrero. ¡Qué equivocación!

Para el martes 25 teníamos apuntados ya a 20 grupos de tres a cuatro alumnos; el jueves 27 llegamos a 60 y, al cierre, un total de 110, ¡casi 400 alumnos del D.F. querían participar!

El jurado había sido nombrado un mes antes por el Consejo Editorial de la revista (ver lista anexa) y tuvo su primera reunión el miércoles 26 por la tarde. Más de uno estaba sudando en cuanto se enteró del fenómeno a observar y de que los concursantes tendrían derecho a hacer tres preguntas sobre el fenómeno.

Para entonces, Ana Isabel León, Gisela Hernández y Pilar Montagut, responsables de la organización, habían definido ya una metodología de cómo proceder, elaborando fichas de inscripción, vales por el material a utilizar y un listado de instrucciones para los grupos de

alumnos y otro para el jurado.

En resumen, la pregunta a resolver y las instrucciones fueron:

¿De qué fenómeno se trata? ¿Qué le sucede al aceite de maíz con el calor? ¿Puedes hacer comparaciones con el azúcar, la sal y el vinagre?

¿Qué se tiene que hacer? Se solicitó a cada grupo la elaboración de cuatro escritos:

a) IDEAS INICIALES SOBRE EL FENÓMENO. *“Antes de iniciar cualquier actividad experimental es necesario que cada uno de los integrantes del equipo exprese sus ideas sobre la pregunta planteada. La discusión de las ideas iniciales les permitirá señalar argumentos en pro o en contra de éstas, desechar aquéllas que les parezcan improcedentes, plantear dudas, preguntas, o contradicciones entre diferentes ideas que puedan orientar la organización de las actividades experimentales”.*

b) DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES EXPERIMENTALES. *“Ustedes podrán diseñar y llevar a cabo las actividades experimentales que consideren pueden aportarles elementos, y que les permitan obtener mayor información sobre el fenómeno bajo estudio, así como inclinarse por una u otra explicación, precisar algunas ideas y desechar otras, plantear nuevas preguntas, etcétera. Ustedes decidirán qué hacer y cómo”.*

c) INFORMACIÓN REQUERIDA. *“Es posible que durante su experimentación o en sus discusiones surjan preguntas o dudas que requieren de cierta información para su solución. Cada equipo tendrá derecho a elaborar tres preguntas, que podrán resolverse a través de la consulta a un maestro informante. Las preguntas se presentarán por escrito y el informante responderá también por escrito. Es necesario expresar el porqué de cada pregunta. Piensen bien cuáles preguntas son claves y pueden darles la información que requieren”.*

d) EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO. *“Con los elementos que han obtenido mediante la experimentación, sus discusiones y la información dada por el maestro en respuesta a sus preguntas, ustedes deben elaborar su explicación final sobre el fenómeno investigado. Traten de expresarse claramente, describan con detalle sus observaciones y razonamiento”.*

El día del concurso se presentaron 100 equipos, con un total de 344 estudiantes, que abarrotaron cinco laboratorios de la famosa “perrera” de la Facultad de Química de la UNAM. La distribución por categorías fue la siguiente:

- 53 de bachillerato
- 34 de primero a cuarto semestres
- 13 de quinto a noveno semestres.



Empezaban a llegar alumnos al registro de concursantes.

Las fotos que acompañan este escrito pueden relatar mejor lo que sucedió ese día. Fueron tres horas y media intensas para los alumnos y para los miembros del jurado. Tuvimos también visitantes que veían incrédulos lo que estaba sucediendo, todo un experimento de educación química.

Sabedores de la cantidad de estudiantes, y contando solamente con una semana previa de organización, el jurado hubo de restringir el material básico que se repartió a cada grupo:

- un mechero
- una cucharilla de combustión
- diez tubos de ensaye
- una gradilla
- dos pinzas para tubo

Nuestros colaboradores vueltos locos durante el registro.





A la derecha, Samuel Sósol, Elizabeth Nieto y Adolfo Obaya, tres de los miembros del jurado en espera de que el laboratorista se acabe su torta y les abra el lugar de trabajo.

Se agregó una relación de equipo opcional:

- dos matraces erlenmeyer de 50 mL
- dos tapones de hule
- un metro de tubo de vidrio
- un tripié
- una tela de asbesto
- un vaso de precipitados de 250 mL
- una lupa
- cinta "masking"
- un termómetro

y un rubro adicional sobre material adicional, sujeto a su existencia en el laboratorio.

Cabe hacer notar que varios grupos de estudiantes se quejaron de que eran pocos los materiales básicos, cosa que habrá de tomarse en cuenta para futuras ocasiones.

Todos los grupos hicieron entrega de sus escritos y de la cinta grabada con sus discusiones. El resto quedó en manos del jurado.

Por juzgarse de interés, se reproducen aparte las líneas generales del "documento propuesto por el jurado para evaluar el concurso" (p. 231). Allí podrá juzgar el lector los elementos que se consideraron inicialmente para dicha evaluación. La verdad es que ese conjunto de ideas fue rebasado en cierta medida y, al momento de celebrarse las reuniones del jurado, se

A las 10:30 se abrirá la puerta del laboratorio. ¿Qué nos pondrán a hacer, no está claro?



tomaron en cuenta muchos otros factores y ponderaciones que fueron apareciendo sobre la marcha. Por ejemplo, el jurado de la categoría de primero a cuarto semestres decidió que los estudiantes más avanzados tenían una ventaja apreciable sobre los recién entrados a la licenciatura, por el solo hecho de haber cursado química orgánica. Por ello, se decidió separar a los concursantes en dos subcategorías, una para los alumnos de los primeros dos semestres y otra con los grupos de tercero a cuarto semestres.

Los ganadores de los tres primeros lugares se presentan en un recuadro anexo, que incluye los nombres de profesores que los estudiantes mencionaron el día del concurso. No se trata precisamente de tutores que los guiaron y prepararon para el certamen, sino de los nombres de maestros queridos, a quienes quisieron entregar algún reconocimiento por su formación en química. De esta manera quiso *Educación Química* incorporar también una satisfacción para los docentes, algo que desafortunadamente no es común en nuestro medio.

Las múltiples y prolongadas reuniones de los jurados constituyeron también actos de aprendizaje colectivo. Tuvimos que convencernos acerca de los objetivos que perseguía el concurso, de los cuales no estuvimos totalmente seguros hasta el final. Algunos grupos de estudiantes trabajaron ordenadamente y extrajeron conclusiones claras, pero de un corto nivel conceptual; otros fueron parcos y hasta desordenados, pero sobresalían por su nivel conceptual o su creatividad ¿a cuál premiar? Intentamos desahacernos de criterios individuales y de no viciarnos con la manera en que deseábamos que el trabajo se hubiera desarrollado; procuramos no considerar los errores conceptuales cometidos, siempre que éstos derivaran de las ideas iniciales y la experimentación, las preguntas formuladas y las conclusiones, y que el conjunto de ellas no fuera contradictorio o incongruente. No fue una tarea fácil. Pero se alcanzó una decisión colectiva.

Presentamos más adelante a los lectores de la revista la transcripción que los grupos ganadores realizaron después del día de la premiación. Les permitimos reorganizar un poco las ideas escritas el día del concurso —ciertamente la estrechez del tiempo durante el mismo propició cierto desorden en los documentos originales—, así como incorporar elementos solamente presentes en su cinta grabada, con la condición de que no alteraran sustancialmente el escrito original ni que le añadieran elementos no presentes ni en éste ni en la cinta. Queda a juicio del lector la opinión sobre estos cuatro escritos ga-



nadores, no hay mejor ejemplo que ellos para juzgar globalmente el concurso. **Su valor consiste en que reflejan, nos guste o no, la manera como nuestros mejores estudiantes abordan un problema desconocido en forma experimental, con muy poco material básico de laboratorio y con solamente tres horas efectivas de trabajo.**

Si el amable lector encuentra errores en los trabajos y los descalifica por ese solo hecho, creemos que comete un error. El concurso no intentó juzgar solamente los conocimientos teóricos de los alumnos, sino la manera como éstos y sus preconcepciones —erróneas o no— sobre el fenómeno se articularon con la experimentación y la discusión realizadas. Nuestra ciencia es teoría más experimentación planeada, no hay que olvidarlo. Poco beneficio hubiera hecho el jurado en otorgar el premio a un grupo que, sin realizar experimentación, concluyera acertadamente sobre la interpretación que consideramos la correcta. Creemos que hay que abolir la educación puramente libresca, pues sabemos el enorme abismo que hace la diferencia entre escribir ecuaciones químicas en una hoja de papel y la realidad de obtener un producto final aceptable. Como ha mencionado Hugo Torrens en la sección DEBATE de enero, *“la química es una actividad cachonda y sensual que los libros están muy lejos de describir, siquiera de manera primitiva”*. El jurado está convencido de haber premiado a los grupos estudiantiles más genuinos, con argumentos más articulados, con conclusiones derivables de los elementos cognoscitivos y experimentales que

Educación Química agradece a las siguientes compañías editoriales por el donativo de libros entregado a los ganadores del concurso: Addison Wesley Iberoamericana, Fondo de Cultura Económica, Pangea Editores y Sistemas Técnicos de Edición.

tuvieron a la mano. No se trataba nada más de alcanzar la verdad, sino de mostrar la mayor calidad en un proceso científico de búsqueda —no de hallazgo— y con el cronómetro caminando. Eso es lo que se premió.

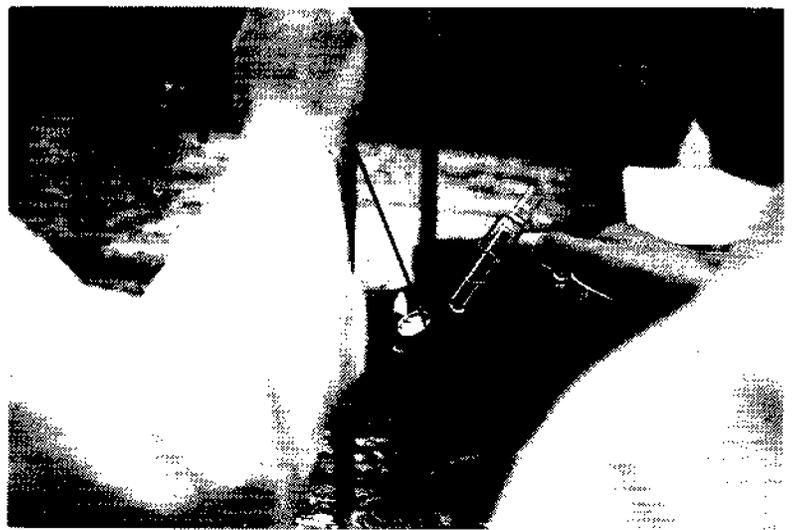
Considere el lector que su juicio es también uno que pone en la balanza lo que las instituciones de enseñanza en el Distrito Federal realizan para formar a nuestros estudiantes más destacados en una disciplina experimental, como la nuestra. Desde luego que hay que hacer más, pero estos grupos

estudiantiles y nuestras carencias cotidianas son nuestra “materia prima”. La revista se siente muy satisfecha por los resultados alcanzados. A todos los miembros del jurado nos pondrían a temblar si nos convocaran a un concurso similar. ¿A usted no? 

Acomodo de los primeros grupos de estudiantes en uno de los cinco laboratorios.

¿Cómo le entramos al toro? La etapa del desarrollo de las ideas preliminares.

Manos a la obra. El relato de las ideas iniciales ha concluido y se inicia la experimentación.



**GANADORES DEL CONCURSO
EXPERIMENTO, DESCUBRO Y APRENDO**

Los premios fueron entregados por el doctor Francisco Barnés de Castro, director de la Facultad de Química, el 23 de abril de 1992, en el auditorio A de la Facultad de Química de la UNAM.

ALUMNOS	PROFESORES CITADOS COMO TUTORES
---------	------------------------------------

CATEGORÍA: BACHILLERATO

PRIMER LUGAR

COLEGIO MADRID

Acely Garza García
Magdalena González
Paola Llinas García
Úrsula Mejía Melgar

María Eugenia Colsá Gómez
Ramón Vilar Compte
Andoni Garritz Ruiz

SEGUNDO LUGAR

ESCUELA NACIONAL PREPARATORIA #2, UNAM

Angélica López Herrera
Román C. Burgos Hidalgo
Vladimir Miranda Martínez
Brisa Flores Villegas

Ligia Góngora Brito

TERCER LUGAR

INST. SUP. DE EST. COMERCIALES

Rosario Pérez Casas
Cárol Pérez Casas
Silvia Moreno Sosa
Amaranta Ramírez Almaraz

José Máximo Alarcón
Guerrero

CATEGORÍA: PRIMERO A CUARTO SEMESTRES

PRIMER LUGAR

FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM

Raúl Camba Costa
Alexander Chehata Gómez
Ángela López Giral
Irma Silva Zolezzi

Pilar Montagut Bosque

PRIMER LUGAR

UNIVERSIDAD LA SALLE

Edgardo Argáes Amor
Juan Carlos García Limón
Diana Y. Francés Chavero
Ricardo Buzo Romero

Adolfo Obaya V.
Gerardo Múgica Z.
Jorge Montaña I.

SEGUNDO LUGAR

FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM

Luisa F. Guerrero Bustillos
Alfredo Cruz Rosas
Erick Reinartz Carbonell

Elizabeth Nieto

SEGUNDO LUGAR

FES CUAUTITLÁN, UNAM

María Elena Páez Hernández
Héctor F. Pérez Herrera
Evelia Morales Domínguez
Emma L. Ibarra Montaña

Antonio García Osorio

TERCER LUGAR

FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM

Ivan Martínez Cienfuegos
Alejandro Ruiz Garza
María Guadalupe Torres Padilla

Regina Díaz Martín

TERCER LUGAR

UNIVERSIDAD LA SALLE

Francisco G. González Macías
Francisco J. Hurtado González
Hiroshi J. Kashiwamoto Yasuta
René A. Cruz Montoya

Jaime Barral
Araceli Sánchez de Corral
Emma Argüero de Guerra
Adolfo Obaya Valdivia
Fernando León, Rodolfo
Aguilar, Gabriel Cuevas

CATEGORÍA: QUINTO A NOVENO SEMESTRES

PRIMER LUGAR

FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM

Roño Redón de la Fuente
Jorge Tiburcio Báez
Ramón Vilar Compte
Claudia G. Valverde Legorreta

Ninguno

SEGUNDO LUGAR

FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM

Francisco Giral López
Sergio A. Pérez Huerta
Pedro Roquero Tejeda
Sergio C. Valentinotti Marelli

Enrique Bazúa
Andoni Garritz

TERCER LUGAR

UNIVERSIDAD LA SALLE

Sergio Ramírez Mendoza
Alejandra Regand Ramírez
Beatriz Cepeda Silva
Eduardo Cossío González

Fernando León
Guillermo Burgos



Para algunos fue la primera vez que trabajaron con un mechero de gas.

Un grupo de la Facultad de Química inicia el calentamiento. ¡Cuidado con las proyecciones!



MIEMBROS DEL JURADO, POR CATEGORÍAS

Nombrado por el Consejo Editorial de la revista

BACHILLERATO

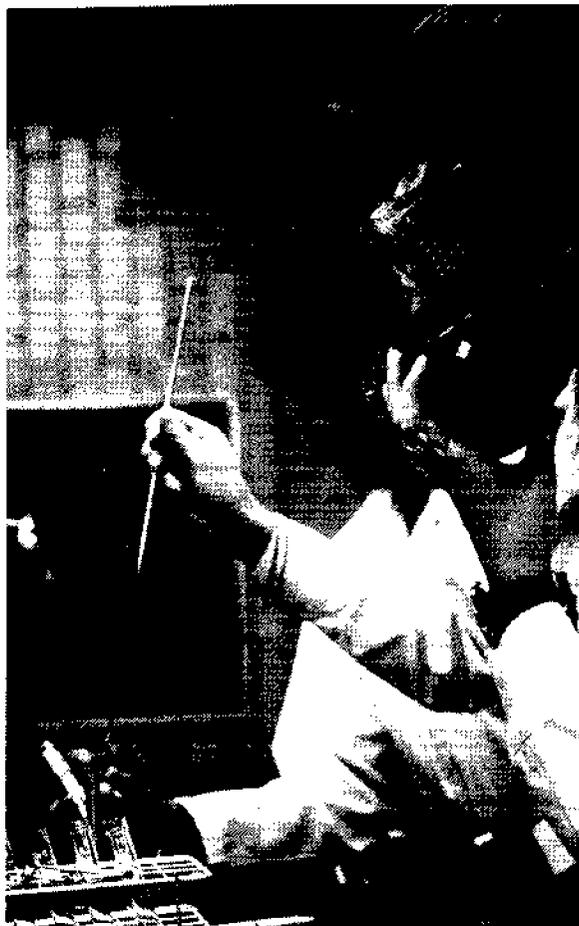
Silvia Bello
Mirna Chávez
Ana Domínguez
Ligia Góngora
Haruko Hiranaka
Ana Isabel León
Pilar Montagut
Francis Navarro
Elizabeth Nieto
Luis Miguel Trejo

PRIMERO A CUARTO SEMESTRES

María Magdalena Álvarez
Susana A. Flores
Gisela Hernández
Saturnino Maya
Samuel Sósol
Silvia Tejada

QUINTO A NOVENO SEMESTRES

Adela Castillejos
Andoni Garritz
Adolfo Obaya
Vicente Talanquer



¡Que no se nos escape nada!
Una mano en la grabadora y otra en la cucharilla de combustión.

DOCUMENTO PROPUESTO POR EL JURADO PARA EVALUAR

Para realizar la evaluación de los trabajos se propone que los 20 miembros del jurado se dividan entre las tres categorías, de forma proporcional al número de equipos que hay en cada una de ellas: 10 personas para la primera categoría, seis para la segunda y cuatro para la tercera.

I. Mecanismo de evaluación

Se propone que la evaluación se realice en tres rondas:

Primera ronda

El objetivo de esta primera ronda es seleccionar los mejores trabajos. Para ello se propone el siguiente mecanismo:

1) *Bachillerato*: Se repartirán los trabajos de los 53 equipos entre los 10 miembros del jurado, de manera que cada equipo sea evaluado por dos personas. Así, a seis miembros del jurado les tocará revisar 11 equipos y los cuatro restantes revisarán 10 equipos.

1') *Primero a cuarto semestres*. Se reparti-

rán los trabajos de los 34 equipos entre los seis miembros del jurado, de manera que cada equipo sea evaluado por dos personas. Así, a dos



En la cola de espera de sustancias y equipos un alumno se pregunta: ¿tendrán un espectrofotómetro infrarrojo?



Pst, Pst. Oiga panzón, no se vale soplar.

membros del jurado les tocará revisar 12 equipos y los cuatro restantes revisarán 11 equipos.

1") *Quinto a noveno semestres.* Se repartirán los trabajos de los 13 equipos entre los cuatro miembros del jurado, de manera que cada equipo sea evaluado por dos personas. Así, a dos miembros del jurado les tocará revisar siete equipos y los dos restantes revisarán seis equipos.

2) Cada miembro del jurado evaluará los trabajos de los equipos que le tocaron, tomando en cuenta las sugerencias que se hacen en el apartado siguiente, y los ordenará jerárquicamente empezando por el mejor trabajo. Se propone una semana para realizar esta tarea.

3) En una reunión de los miembros del jurado de la categoría de Bachillerato se seleccionarán entre 10 y 15 de los mejores trabajos. Se sugiere que para la segunda categoría sean entre 10 y 12 equipos y para la tercera entre seis y ocho. Para ello se proponen las siguientes acciones:

a) Cinco miembros del jurado seleccionados

al azar, presentarán ante todos, un resumen detallado del trabajo del equipo que quedó en cuarto lugar de la serie de 10 equipos, que cada uno de ellos evaluó. De ellos se seleccionarán uno o dos que sirvan como parámetro de comparación. Debe tenerse en cuenta, para la elección de estos trabajos, que deben permitir seleccionar un mínimo de 10 trabajos y un máximo de 15, para la categoría de Bachillerato, y los correspondientes a las otras dos.

b) Cada uno de los miembros del jurado, con base en el análisis de los casos presentados, seleccionará de su serie de 10 trabajos, aquéllos que consideren tienen una "calidad" equivalente o superior al trabajo o trabajos seleccionado(s) como parámetro(s). Estos pasarán a la siguiente ronda, los demás serán eliminados.

c) Se nombrará a cada uno de los equipos, y los dos miembros del jurado que lo evaluaron expresarán si pasa o no a la segunda ronda. En el caso de que no se coincida en la evaluación, aun después de un breve intercambio de opiniones, el trabajo de ese equipo se dará a leer a otro miembro del jurado quien en un plazo de tres días dictaminará si pasa o no a la siguiente ronda.

d) Los trabajos que pasan a la siguiente ronda se repartirán entre los 10 miembros del jurado, de manera que cada equipo sea revisado por dos personas que no lo hayan evaluado durante la primera ronda. Se propone una semana para realizar esta tarea.

Segunda ronda

El objetivo de esta segunda ronda es seleccionar los cinco mejores trabajos de cada categoría, asegurando que cuatro de los miembros del jurado los han leído.

Tercera ronda

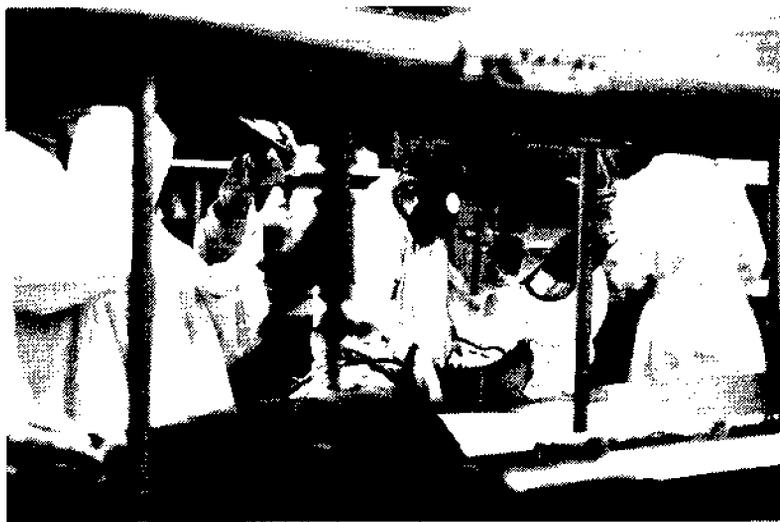
El objetivo de esta ronda es seleccionar los tres primeros lugares de cada categoría, así como aquellos trabajos que merecen mención honorífica. Esto se realizará en una reunión donde asistan todos los miembros del jurado después de estudiar los trabajos de los cinco finalistas.

II. Criterios y sugerencias para la evaluación

A continuación se proponen mecanismos para realizar la evaluación y se señalan con más detalle algunos criterios y sugerencias para llevar a cabo este trabajo.

1) Se recomienda leer una primera vez y de corrido todos los trabajos, antes de intentar analizar cualquiera de ellos. Esto permitirá tener una primera idea de la gama de acercamien-

¿Qué rayos puede deducirse de todo esto?



tos que los estudiantes tuvieron hacia el problema que se les planteó y de los diferentes niveles conceptuales y experimentales que pusieron en juego en cada uno de los equipos.

2) Una vez leídos los trabajos se puede proceder a evaluar cada uno de ellos, es conveniente recordar que **la evaluación debe centrarse en el proceso seguido por cada equipo y no en el manejo correcto o incorrecto de los conceptos utilizados por los estudiantes.**

La evaluación del proceso se puede realizar en dos niveles:

Primer nivel: Coherencia que presenta el trabajo visto globalmente.

Es conveniente releer todo el trabajo de corrido, con el objetivo de encontrar la posible lógica que subyace a éste y analizar si existe o no coherencia entre las ideas iniciales, las actividades experimentales, las preguntas elaboradas para obtener información y la explicación final.

Se trata de ver si, en términos generales, hay relación entre estos aspectos. Por ejemplo si las actividades experimentales realizadas tienen relación con las ideas iniciales y si las observaciones que de estas actividades surjan son retomadas en la explicación final.

Este acercamiento nos permitirá analizar el trabajo tomando en cuenta la lógica desde la cual fue elaborado. **Es necesario que nuestros puntos de referencia para la evaluación sean los trabajos mismos y no lo que nosotros pensamos que deberían contener.**

Se sugiere que a partir de este acercamiento global se elabore un resumen o un esquema del trabajo con la siguiente información:

- 1) Ideas iniciales
- 2) Actividades experimentales
- 3) Preguntas elaboradas
- 4) Explicación final.

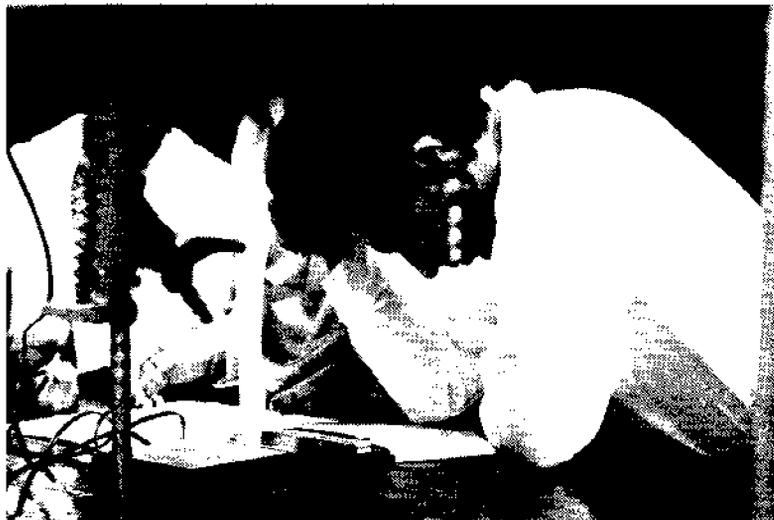
Segundo nivel: Análisis en lo particular en cada escrito.

En este segundo nivel se trata de analizar con más detalle cada uno de los escritos: Ideas iniciales, Actividades experimentales, Preguntas elaboradas y Explicación final; así como la cinta de grabación del grupo.

1) *Ideas iniciales.* Los aspectos que pueden tomarse en cuenta para la evaluación de las ideas iniciales son:

a) Nivel en que se aborda el problema:

Es posible que los estudiantes analicen el problema en términos observables o descripti-



vos, por ejemplo, el aceite va a cambiar de color. O bien, que introduzcan explicaciones que se dirijan a las causas del fenómeno, por ejemplo, el aceite cambia de color por que se oxida cuando se calienta o bien, porque puede contener moléculas orgánicas no saturadas que se combinan con el oxígeno del aire.

El punto a evaluar aquí es el nivel en el que se plantean el problema, independientemente de si la explicación es correcta o no.

b) Argumentación de sus ideas iniciales.

Es posible que los concursantes se limiten a señalar sus ideas sin dar elementos que las sustenten, por ejemplo: el azúcar se va a fundir y a cambiar de color. O bien, pueden señalar argumentos en pro o en contra, por ejemplo, el azúcar se va a fundir porque es una sustancia orgánica que tiene un punto de fusión bajo, o el azúcar se va a fundir y la sal no porque la primera es orgánica y tiene enlaces covalentes que son más débiles y la segunda es inorgánica con enlaces iónicos más fuertes.

¿Qué estaría bueno preguntar?

El grave momento de la discusión final y la elaboración de la explicación del fenómeno.





Al final,
conservaron la
sonrisa.

c) Preguntas o dudas que surgen de la discusión de las ideas iniciales.

Los estudiantes pueden presentar dos o más ideas distintas sobre el fenómeno. Es posible que sólo las señalen o bien que argumenten en pro o en contra de ellas, o incluso que se hagan alguna pregunta que surja de sus discusiones.

d) Coherencia interna.

Otro aspecto a evaluar es la coherencia que presentan las ideas y el razonamiento expuesto por los estudiantes.

2) *Actividades experimentales.* Los aspectos que pueden orientar la evaluación de estas actividades son:

a) Relación entre las ideas iniciales y las actividades experimentales. Es posible que las ideas que los alumnos presentan en el primer escrito no tengan nada que ver con lo que des-

pués hicieron experimentalmente o bien, que las acciones que llevan a cabo les permitan confrontar sus ideas con la experiencia y obtener elementos para avanzar en sus explicaciones. Entre ambos extremos pueden haber varios puntos intermedios.

b) Organización de la experimentación. El punto a evaluar aquí es la forma en que los estudiantes desarrollan su experimentación. Es posible que los muchachos hayan actuado sin un plan previo y se dedicaran a colocar las cuatro sustancias al fuego. O bien, que hayan diseñado toda una serie de acciones que respondan a ciertos objetivos previamente definidos. De nuevo, entre estos dos extremos hay varios puntos intermedios.

c) Ingenio en el diseño de la experimentación. El punto a evaluar aquí es la creatividad que los muchachos desplegaron en el diseño de su experimentación. Cómo se las ingenieron para realizar acciones experimentales que les dieran información clave para elaborar la explicación del fenómeno, con el material que tenían a su disposición.

d) Se tomará en cuenta además otros aspectos, como la organización interna del grupo y las medidas de seguridad que se tomen.

3) *Preguntas para obtener información.* El punto a evaluar en este aspecto es la pertinencia de las preguntas elaboradas por los estudiantes en relación con las ideas iniciales y las actividades experimentales realizadas. Serán importantes, asimismo, las razones que esgriman para realizar dichas preguntas.

4) *Explicación final.* Los puntos que pueden tenerse en cuenta para la evaluación de la explicación final pueden ser:

a) relación entre la explicación final y las ideas iniciales

b) integración de los elementos obtenidos mediante la experimentación en la explicación final

c) integración de la información obtenida a través de las preguntas en la explicación final

d) razonamiento utilizado en la explicación final

e) nivel conceptual alcanzado en la explicación final.

La información que proporcione la cinta grabada será muy valiosa para ver de qué manera se entrelazan entre sí las ideas iniciales con la experimentación, los planteamientos y las conclusiones, así como para tomar idea de cómo progresivamente los estudiantes abordaron científicamente el problema.

QUIMOTRIVIA-REJECTA

Uno de los valores básicos de nuestra época es el confort, esto es, la obtención instantánea de placer (no felicidad), poder (no integridad), información (no conocimiento), etcétera. Y a tal fin se dirigen, en gran medida, los esfuerzos de la ciencia y la tecnología del primer mundo (del cual somos fieles imitadores).

La siguiente reflexión de Max Born (1882-1970) distingue claramente entre "ciencia" e "inteligencia"; por consiguiente, una "decisión científica" no siempre es "una decisión inteligente":

"La ciencia permite distinguir entre lo posible y lo imposible. La inteligencia permite distinguir entre lo que tiene sentido y lo insensato. Hoy día hay mucha ciencia. Pero muy poca inteligencia."

☞ Continúa en la página 243

EXPERIMENTO, DESCUBRO Y APRENDO: ESCRITOS DE LOS EQUIPOS GANADORES

A continuación se incluyen los trabajos escritos de los ganadores del concurso, en orden creciente de nivel académico. Sólo en el primero de ellos se ha colocado en letras cursivas la instrucción que se les proporcionó el día del concurso.

El fenómeno a explicar fue el siguiente: **¿QUÉ LE SUCEDE AL ACEITE DE MAÍZ CON EL CALOR? ¿Puedes hacer comparaciones con el azúcar, la sal y el vinagre?**

CATEGORÍA BACHILLERATO

Acely Garza, Magdalena González, Paola Llinas y Úrsula Mejía
Colegio Madrid

ESCRITO 1. Ideas iniciales sobre los fenómenos. *En este documento se señalarán las explicaciones sobre los fenómenos que, en el momento de iniciar el concurso, tienen los miembros del equipo. Es posible que haya dos o más explicaciones distintas. Es importante señalar todas, así como los argumentos en pro y en contra de cada una de ellas.*

Nuestras ideas iniciales sobre los fenómenos son: con respecto al aceite, sabemos que es una mezcla de grasas, en este caso vegetales, formadas por carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O), que se unen formando moléculas de peso molecular alto (polímeros). Al ser de tipo orgánico, pueden sufrir una reacción de combustión al aplicar calor, produciéndose así dióxido de carbono (CO_2), y agua (H_2O).

Es probable que al aplicar calor, los polímeros rompan sus enlaces, formando monómeros y polímeros más pequeños que puedan combustionarse o evaporarse.

Haciendo una comparación con el resto de los compuestos, pensamos que:

a) la sal, por ser un compuesto inorgánico, no sufrirá una reacción de combustión. Los electrones del sodio, al recibir calor se excitarán y cuando regresen a su estado original liberarán energía luminosa de color naranja.

b) El azúcar, al ser un compuesto orgánico, puede combustionarse. Si esta combustión es completa solamente producirá CO_2 y H_2O . Sin

embargo, esperamos obtener residuos de carbono debidos a una combustión incompleta.

c) Al calentarlo, el vinagre ebullición rápidamente, evaporándose casi por completo.

ESCRITO 2. Descripción de actividades experimentales. *En este documento se hará una descripción detallada de las actividades experimentales llevadas a cabo, las observaciones realizadas durante las mismas, y las razones por las que se hizo tal o cual acción.*

1) El primer paso fue calentar aceite para determinar las características o fenómenos físicos que se observan a simple vista. Los resultados que obtuvimos fueron:

- un cambio en su coloración, que se tornó cada vez más oscura, hasta llegar a café,
- se desprendió un gas blanco, flamable y con llama amarilla, y se apreciaron en las paredes gotitas como de H_2O ,
- flotaron en el aceite partículas, al parecer sólidas, que tienen menos densidad,
- observamos que su punto de ebullición es más alto que el del vinagre.

2) Como segundo paso, se mezcló el aceite con potasa (como indicador de lípidos), en diferentes etapas del calentamiento de éste, y en cada caso las precipitaciones fueron distintas.

El aceite a temperatura ordinaria con potasa formó una sustancia homogénea y cremosa, de color blancuzco. El aceite calentado con potasa formó una mezcla no homogénea de grasas y grumos. Una tercera muestra de aceite más caliente que la segunda y de color más oscuro, formó una mezcla homogénea pero más oscura que la primera, pero menos espesa.

3) El tercer paso fue observar la reacción de combustión. Pudimos observar la presencia de un gas blanco. Como de principio pensábamos en una reacción de combustión, decidimos probar si era CO_2 el gas que se desprendía. Para realizar esto, calentamos el aceite e hicimos burbujear el gas blanco en hidróxido de bario ya que éste, al reaccionar con el CO_2 , forma un precipitado blanco de carbonato de bario, que muestra que si hay CO_2 . Sí se formó un precipi-

tado blanco.

Para comparar con el resto de las sustancias realizamos lo siguiente:

4) Calentamos la sal en la cucharilla y pudimos observar que no se quemaba ni le pasaba nada, sólo la flama tomó un color amarillo-anaranjado intenso.

5) Para ver las características del vinagre y poder comparar con el aceite, lo diluimos en agua, viendo con esto que, al ser miscible, el vinagre es polar. También lo calentamos y vimos que su punto de ebullición es muy bajo.

6) Calentamos el azúcar para comprobar que se da una reacción de combustión, desprendiéndose CO_2 y H_2O , ya que es un compuesto orgánico; como se disuelve en agua comprobamos que también es polar.

Parece pues haber una diferencia entre el aceite y el resto de las sustancias. Sólo la primera es no-polar.

ESCRITO 3. Información requerida.

En este documento se señalarán las tres preguntas elaboradas para obtener información que permita avanzar en la explicación del fenómeno. Es necesario expresar el porqué de cada pregunta y la información que se obtiene mediante la consulta con el maestro.

Nos surgieron las dudas a lo largo de la experimentación. Las preguntas que planteamos son con el fin de explicar algunos aspectos que no teníamos claros, y fueron:

1. ¿Es necesario que, para que se lleve a cabo una reacción de combustión, los polímeros formen monómeros como un primer paso?

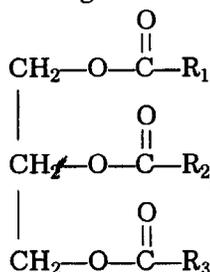
2. ¿Cuáles de los componentes del aceite pueden evaporarse a temperatura menor a los 200°C ?

3. ¿Cuál es la temperatura de ebullición del aceite?

Respuestas del maestro:

1. No necesariamente. La combustión es la reacción de combinación con el O_2 y esto puede darse con la molécula polimérica completa. De hecho, es difícil en ocasiones generar la ruptura.

2. El aceite de maíz está esencialmente formado por triglicéridos (99%), que son ésteres de ácidos grasos con glicerol:



donde R_1 , R_2 y R_3 son cadenas hidrocarbonadas de gran longitud (16 a 20 átomos de carbono). Los ácidos grasos principales son linoleico, oleico y palmítico.

3. La temperatura de ebullición del aceite es cercana a los 200°C .

ESCRITO 4. Explicación del fenómeno. *En este documento se expresarán las explicaciones de los fenómenos que el equipo construyó a partir del trabajo realizado. Es necesario señalar el razonamiento seguido y la forma en que se integraron en éste las observaciones experimentales y la información obtenida a través de las preguntas.*

Nosotros sabemos que el aceite es un compuesto orgánico, por lo que puede dar una reacción de combustión al calentarse, produciéndose así CO_2 y H_2O . Al calentar el aceite se produjo agua, que se veía en las paredes del tubo, y un gas blanco que era CO_2 , cosa que comprobamos por una reacción con hidróxido de bario. Por lo tanto, podemos decir que al calentar el aceite se produce una reacción de combustión.

A partir de una pregunta hecha al maestro, pensamos que al calentar el aceite también van ebulliciendo a diferentes tiempos sus componentes, ya que no es necesario que se rompan enlaces para formar monómeros y que se lleve a cabo la reacción de combustión, sino que los componentes del aceite —la mayoría triglicéridos— no sufren cambios para poder llevar a cabo la reacción de combustión.

Es interesante comparar las características del vinagre al calentarse, con las del aceite, porque a pesar de que los dos son compuestos orgánicos, presentan comportamientos muy diferentes; el aceite no es polar, esto se puede comprobar al tratar de diluirlo en agua, lo cual no se logra; en cambio, el vinagre sí se puede diluir en agua, por lo que es polar. Sus puntos de ebullición son muy diferentes, el del vinagre es muy bajo y el del aceite es de 200°C o más. Esto se debe a la distinta configuración y tamaño de las moléculas en cada caso.

La sal también la calentamos y pudimos observar que no le pasa nada. Sólo la flama toma un color anaranjado, lo que se debe a que es un compuesto inorgánico y el color de la flama es producido porque al someter el compuesto al calor, brinca un electrón de su órbita y al regresar hace que la flama se vea así.

Como podemos ver, hay una gran diferencia entre estos compuestos, y más con la sal, ya que es inorgánica y los otros tres orgánicos. Los orgánicos tienen características diferentes por las distintas configuraciones y enlaces entre sus

átomos, pero los tres presentan reacciones de combustión.

CATEGORÍA PRIMERO A CUARTO SEMESTRE
Raúl Camba, Alexander Chehata, Ángela López Giral e Irma Silva
Estudiantes de primer semestre de la Facultad de Química, UNAM

ESCRITO 1. Ideas iniciales sobre los fenómenos.

Hipótesis: Al calentar el aceite se espera que haya cambios físicos, como:

- Que cambie su densidad
- Que disminuya su viscosidad
- Cambie de color
- Si se calienta mucho, se espera que se evapore y si se llega a calentar más aún, se puede llegar a quemar.

Todo esto se debe a que al calentar, las moléculas del aceite tienden a moverse más, tienen mayor energía cinética. Así, puede vaciarse más fácilmente el aceite caliente que el frío, porque sus moléculas tienen más "impulso" para fluir, es decir, la viscosidad disminuye. Debido al aumento de movilidad de las moléculas, éstas ocuparán un volumen mayor, lo que implica que la densidad disminuya:

$$\text{densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

El color del aceite se aclarará al inicio del calentamiento porque la densidad disminuye. La misma cantidad de moléculas reflejan la luz en un volumen mayor.

¿Y con respecto a los cambios químicos?

Se puede esperar que haya combustión, es decir, la reacción del aceite con el oxígeno para formar CO_2 y H_2O .

¿Pero será completa la combustión?

Es muy difícil que esto suceda. Pero entonces ¿qué productos quedarán con la combustión? Deben de quedar compuestos orgánicos más "pequeños" que los ácidos grasos.

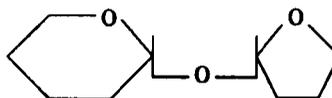
La comparación con la combustión de azúcar, vinagre y sal sirve para relacionar la estructura molecular con los cambios observados.

SAL: compuesto iónico con fórmula NaCl . Punto de fusión muy alto (alrededor de 900°C). Estructura cristalina cúbica, que le da su alto p.f.

AZÚCAR: compuesto orgánico, enlace covalente

cristalino (cristal molecular, no tan estable como el iónico).

Estructura aproximada



Probablemente al calentar se separa en glucosa y fructuosa.

ACEITE DE MAÍZ: como todos los aceites, probablemente está formado por varios ácidos grasos (ácidos carboxílicos de 16 a 18 carbonos aproximadamente) que pueden ser saturados o insaturados.

aceite saturado: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$
 $n = 14, 15, 16$

VINAGRE: El ácido acético es su componente. Es también un ácido carboxílico, pero con tan sólo dos carbonos. Así, podremos comparar la importancia del tamaño molecular en compuestos del mismo tipo.

Fórmula: CH_3COOH

ESCRITO 2. Descripción de actividades experimentales.

1) Calentamiento

En la cucharilla de combustión:

	Observaciones	¿Por qué lo hicimos?
AZÚCAR	Se funde al principio, luego se quema. Residuo negro	Comparar la combustión de un sólido molecular con un líquido molecular
ACEITE	Se hace menos viscoso (parece más líquido). Se inflama. Residuo negro	Comparar los efectos del calor, el problema específico
SAL	No se funde. No se quema. Llama amarilla	Comparar inflamación del aceite con un compuesto iónico

Calentar en un tubo vinagre: El vinagre se evapora; el objetivo de esta prueba es comparar los efectos del calor en compuestos de la misma familia orgánica.

2) *Pruebas de viscosidad.* Se mide el tiempo que tarda en vaciarse aceite frío y aceite caliente de un tubo capilar.

Objetivo: comprobar que la viscosidad disminuye al calentar.

Resultado: diferencia de 3.5 segundos en el vaciado del aceite

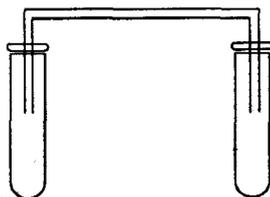
- tiempo de vaciado en caliente: 1.5 s
- tiempo de vaciado en frío: 5 s

3) *Determinación de CO_2 .* Prueba para ver si en efecto hubo combustión.

Se captan los gases de combustión del aceite. Y se burbujan sobre una solución de $\text{Ba}(\text{OH})_2$:



Esta solución debe de estar recién preparada, porque si no encontraremos el precipitado formado por el CO_2 ambiental.



El inconveniente de este método es que el aceite no se inflama rápidamente si se calienta en el tubo. Sin embargo, apareció un poco del precipitado blanco en el tubo.

4) Pruebas de solubilidad:

	AGUA	ACEITE	ACEITE + calor
SAL	Se disuelve bien, pero menos que el azúcar	No se disuelve	No se disuelve. Burbujas
ACEITE	Se forman dos fases. No se mezclan	X	X
AZÚCAR	Se disuelve muy bien	No se disuelve	No se disuelve. Burbujas
VINAGRE	Se disuelve bien	Se forman dos fases donde vemos el menisco del aceite	Se mantiene igual que sin calor

Todo este cuadro se puede explicar; conociendo la teoría de que "lo semejante disolverá a lo semejante", de aquí que podemos concluir:

- Que el vinagre y el azúcar son compuestos con enlace covalente polar ya que son solubles en agua, que es un disolvente polar.
- El aceite es entonces una mezcla de compuestos con enlaces covalentes, ya que no funciona como disolvente polar.
- La sal tiene enlaces iónicos, por esto también es soluble en agua y no soluble en aceite.

Al calentar el aceite se "carameliza". El(los) compuesto(s) formado es insoluble en agua, pero es soluble en agua jabonosa. Sabemos que ésta es una característica de las grasas.

El vinagre no tiene un comportamiento si-

milar porque es mucho más ligero que el aceite. Así, sus puntos de fusión y ebullición son menores. Al calentarse apenas un poco se evapora y no le da tiempo de comportarse como el aceite, que cambia de color, y va reaccionando poco a poco.

ESCRITO 3. Información requerida.

1) ¿Qué es el gas negro que se desprende en la combustión del aceite de maíz?

2) ¿La combustión del aceite se puede expresar como una simple reacción de combustión en que se obtienen CO_2 y H_2O o hay productos intermedios? ¿Qué características tienen?

Respuestas del maestro

1. Durante la combustión del aceite de maíz se reportan datos analíticos como: punto de humo, punto de relampagueo, punto de fuego. (Comenta el grupo que el maestro no contesta la pregunta)

2. Sí es una reacción de combustión en que, si es completa, se obtienen CO_2 y H_2O . Si no lo es, los productos pueden ser CO , CO_2 , H_2O y otros.

Referencia bibliográfica: Potter, *Ciencia de los alimentos*, Edutex, México, 1973.

ESCRITO 4. Explicación del fenómeno.

Al calentar el aceite observamos cambios físico-químicos. Tenemos un proceso complejo en el que los primeros cambios son físicos:

— disminuye la viscosidad y presumiblemente la densidad.

Al calentar más se comienzan a realizar los cambios químicos, y paralelo a éstos ocurre la evaporación del aceite que es un cambio físico, consecuencia lógica del aumento de temperatura. El aumento de la energía cinética de las moléculas es lo que provoca el cambio en la viscosidad, ésta llega a su mínimo en el estado gaseoso (evaporación).

Podemos asegurar que hay cambios químicos porque cambian el color y la consistencia del aceite. El cambio de color sólo se puede dar si hay compuestos nuevos, además el desprendimiento de humo negro indica que hay una reacción en la que las moléculas se descomponen, los causantes de esta descomposición son el calor y el oxígeno.

Podemos asegurar que uno de los productos de la reacción es el CO_2 , ya que es inseparable de las reacciones de combustión. Muy probablemente también se obtuvo CO , pues es producto de esta reacción cuando no es completa. Suponemos que los residuos del aceite quemado contienen compuestos orgánicos de cadenas de

carbonos menores que las de los ácidos grasos iniciales.

Los residuos son compuestos no polares ya que se disuelven en agua jabonosa y no en agua destilada.

Estas conclusiones no van aisladas, el análisis viene en todo el trabajo y en la cinta grabada (falta tiempo para hacer un análisis completo).

CATEGORÍA PRIMERO A CUARTO SEMESTRE

Edgardo Argáes Amor, Ricardo Buzo Romero, Diana Y. Francés Chavero y Juan Carlos García Limón

Estudiantes de cuarto semestre de la Universidad La Salle

ESCRITO 1. Ideas iniciales sobre los fenómenos.

I. Observación.

La observación de las sustancias de trabajo implica la definición de las propiedades físicas y químicas de las mismas, así como ideas *a priori* de su comportamiento en el fenómeno, definidas formalmente en la hipótesis.

La división de las sustancias, para ser descritas es:

A) ORGÁNICAS:

1. *Aceite*: Fluido amarillo translúcido más viscoso y menos denso que el agua, su combustión produce $C + CO_2 + H_2O$; al aumentar la temperatura disminuyen la densidad y la viscosidad, es insoluble en agua.

2. *Vinagre*: Líquido transparente, solución de ácido acético en H_2O , soluble en H_2O . Formación de puentes de hidrógeno, constante de disociación baja lo cual implica que es un ácido débil, al aumentar la temperatura aumenta su solubilidad.

3. *Azúcar*: Sólido blanco, cristales amorfos, soluble en agua, formación de puentes de hidrógeno. Al aumentar la temperatura, aumenta la solubilidad. Su combustión produce $C + CO_2 + H_2O$.

B) INORGÁNICA:

1. *Sal*: Cloruro de sodio ($NaCl$), cristales cúbicos simples, soluble en agua (altamente), soluble en disolventes polares. Enlace iónico muy resistente a altas temperaturas, ante calentamiento sufre crepitación, por el escape de las moléculas de agua de cristalización. Al aumentar la temperatura aumenta la solubilidad.

Fenómeno principal: Acción del calor, conside-

rándolo como fenómeno físico y químico.

Sustancia problema: aceite de maíz

Sustancias de apoyo: vinagre, sal y azúcar

Sustancia testigo: Agua

Disolvente: agua.

II. Hipótesis (calor)

A) CALOR

— Al aplicar calor, las moléculas de las sustancias se activan.

Fundamento: termodinámicamente, al transmitir calor de un cuerpo a otro se transmite energía sensible que activa a las moléculas del cuerpo; incrementa energías vibratorias, rotacionales y traslacionales, dando como consecuencia un incremento en la reactividad y capacidad de respuesta ante un fenómeno dado.

— Al aplicar calor, se modifican las propiedades físicas y químicas de una sustancia.

Fundamento: debido a lo explicado anteriormente, al activarse más las moléculas pueden incrementar, disminuir y/o modificar propiedades dependientes de la temperatura.

— Las propiedades físicas que se modifican son dependientes de la temperatura, tales como la viscosidad, densidad, solubilidad, cambios de fase, como resultado de un CALENTAMIENTO.

— las propiedades químicas que se modifican son todas; al sufrir reacción, la sustancia se transforma en otra, como resultado de una COMBUSTIÓN.

Los fenómenos que se presentan con la acción del calor son:

1. Físicos

a) Calentamiento

- a.1. Conducción: En estado sólido
- a.2. Convección: En estado líquido
- a.3. Radiación: En gases

b) Crepitación

c) Aumento de solubilidad

2. Químicos

a) Combustión:

En materia orgánica: $C + CO_2 + H_2O$

B) SUSTANCIA PROBLEMA

El aceite al calentarse:

- 1) físicamente disminuye su densidad, disminuye su viscosidad,
- 2) químicamente:

Por combustión se obtiene $C + CO_2 + H_2O$.

— Fundamento: disminuye la densidad al aumentar el volumen

$$\text{densidad} = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$$

Disminuye la viscosidad al disminuir el esfuerzo cortante y fluir con mayor facilidad, al estar más activas las moléculas.

Combustión, todo compuesto orgánico al someterse a una combustión se transforma en $C + CO_2 + H_2O$.

C) SUSTANCIAS AUXILIARES

1. Sal

No es posible establecer ninguna similitud, pues la naturaleza de las sustancias es muy distinta.

2. Azúcar

No es posible establecer similitudes casi, debido a la naturaleza distinta de las sustancias; si acaso únicamente en la combustión.

3. Vinagre

Es la sustancia químicamente más semejante al aceite, tendrá comportamiento similar, es más fácil manejar como sustancia de comparación.

4. Agua

Es la sustancia control que sirve como referencia, es el disolvente a utilizar.

ESCRITO 2. Descripción de actividades experimentales.

A) DESARROLLO EXPERIMENTAL

1. Combustión

En la cucharilla de combustión se colocó cada una de las sustancias (aceite, sal, azúcar y vinagre) con el fin de comparar lo que se observara entre cada experimento.

Se efectuó la combustión hasta observar carbonización (en caso de existir).

2. Cambio de fase

En un tubo de ensayo se colocó aceite y se sometió a calentamiento con el fin de observar si existía evaporación del mismo y a qué temperatura.

El calentamiento se llevó a cabo hasta los $350\text{ }^\circ\text{C}$, de esta misma forma se realizaron experimentos con las otras sustancias.

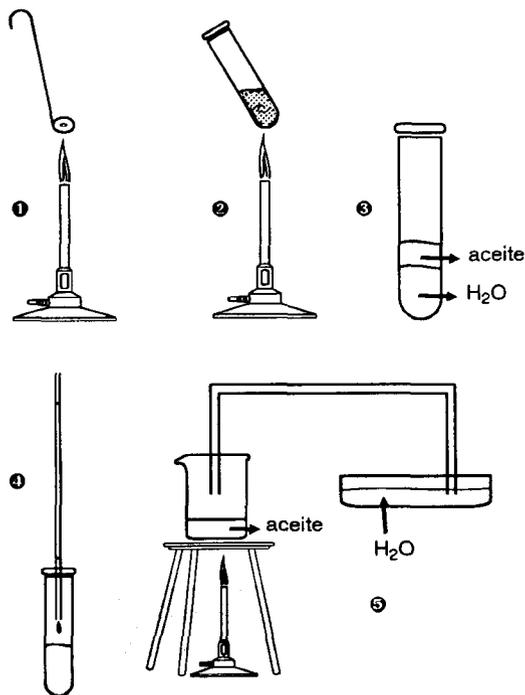
3. Solubilidad

A continuación se prepararon mezclas de agua-aceite y agua-sustancias comparativas, con el fin de observar si eran miscibles y, de no serlo, si resultaban más o menos densas que el agua. Calentamiento para incrementar solubilidad.

4. Viscosidad

Se llena una varilla de vidrio de aceite a temperatura ambiente y luego a más de $100\text{ }^\circ\text{C}$, para observar su velocidad de flujo por gravedad, y así mostrar la variación de la viscosidad con la temperatura.

5. Se burbujea el gas producto de la combustión del aceite en agua.



Variables de control:

$$p = 585 \text{ mmHg}$$

$$T = 24\text{ }^\circ\text{C}$$

Mediciones:

Empíricas

Observaciones organolépticas.

B) RESULTADOS

ETAPA I: Aceite

a) Combustión

1. Disminuye notablemente la viscosidad.
2. Comienza a hervir.
3. Se combustiona, quemándose totalmente hasta quedar un residuo del carbón y se desprende CO_2 .

b) Calentamiento

1. 400 °C vapores blancos, cambio de estado.
2. Disminución en la viscosidad.
3. Ligero oscurecimiento.

c) Densidad

Menos denso que agua (parte superior del tubo).

d) Solubilidad

Si se agita aceite con agua en un tubo, se forma una interfase que se deja reposar y se separa en dos fases, a una pequeña cantidad de aceite en una gran cantidad de agua, el aceite ocupó la fase superior y al agitar formó pequeñas esferas inmersas en el H₂O o adheridas a la pared del tubo.

e) Viscosidad

El aceite fluye con mayor rapidez dentro del tubo cuando está más caliente. Es más viscoso que el H₂O, por comparación de velocidad de goteo.

ETAPA II: Sustancias auxiliares

a) Vinagre

Combustión: Inmediatamente burbujea, se evapora totalmente casi sin dejar residuo de combustión.

Calentamiento: Tarda poco en hervir y vaporiza completamente.

b) Azúcar

Combustión: Se quema, formando un coágulo de carbón quebradizo. Desprendimiento de CO₂ y vapor de H₂O.

c) Sal

Combustión: No hay carbonización.

Cristales que crepitan, ya que pierden H₂O de cristalización.

C) ¿PORQUÉ DE LOS EXPERIMENTOS?

1. *Combustión.* Química; transformación visible de la materia, se relaciona con propiedades químicas.

2. *Calentamiento.* Física y termodinámica; variación visible de propiedades asociadas.

3. *Densidad y Viscosidad.* Termodinámica, flujo de fluidos, medición empírica y notable variación del cambio de propiedades físicas.

4. *Solubilidad.* Físicoquímica, propiedad física fácilmente medible y observable al señalar claramente la analogía o diferencia entre sustancias.

ESCRITO 3. Información requerida.

1. Fórmula estructural del aceite de maíz.
2. Punto de ebullición aproximado del mismo.

¿Por qué estas preguntas? Creemos que es importante conocer la posible fórmula estructural del aceite o los compuestos de los que está formado, para poder saber qué grupos funcionales posee que se puedan ver afectados por la influencia del calor.

El porqué de la pregunta 2 es para saber aunque sea aproximadamente la temperatura de ebullición del aceite con base en los compuestos orgánicos que la forman.

Respuestas del maestro

1. No existe como tal, pero están presentes ácidos grasos (se menciona el número de carbonos y de dobles ligaduras):

palmítico	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	(C ₁₆ : 0)
esteárico	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	(C ₁₈ : 0)
oleico	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	(C ₁₈ : 1)
linoleico	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	(C ₁₈ : 2)
linolénico	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	(C ₁₈ : 3)

2. De 150 a 350 °C

ESCRITO 4. Explicación del fenómeno.

- Las conclusiones se obtuvieron siguiendo los pasos del método científico.
- Razonamiento inductivo-deductivo.
- Se comprobaron las hipótesis, con el experimento para confirmarlas o revocarlas.

Conclusiones

A) CALOR

- Confirmación de la primera hipótesis.
- La aplicación de calor a una sustancia modifica sus propiedades físicas y químicas.
- Las propiedades que se modificaron fueron:

Físicas

- a) viscosidad
- b) densidad
- c) solubilidad
- d) estado de agregación

Químicas

Estructura por combustión.

B) ACEITE

- La exposición directa de éste a la llama en presencia de O₂, produce la combustión característica de un compuesto orgánico, generando C + H₂O + CO₂
- Por calentamiento se modifican:

1. Propiedades físicas

a) La densidad, disminuyendo, al aumentar el volumen o espacio intermolecular.

b) La viscosidad, disminuye; al aplicar más calor, el esfuerzo cortante disminuye y fluye con mayor velocidad.

c) La solubilidad, aumentando la temperatura, disminuye con respecto al agua comprobándose su inmiscibilidad a pesar de los grupos hidrófilos de la cadena.

d) Estado de agregación, pasa de líquido a vapor a los 300 °C aproximadamente, lo que confirma ser una mezcla de ácidos carboxílicos (respuesta No. 2).

2. Propiedades químicas

— Cambio de estructura debido a la combustión.

— Al ser mezcla de ácidos carboxílicos, su grupo funcional representativo es el carboxilo.

— El estado líquido indica presencia de insaturaciones en la cadena hidrocarbonada, siendo inertes a la perturbación del calor hasta cierto punto (por calentamiento).

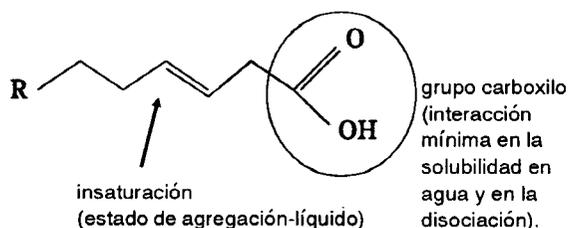
— El aceite se ve afectado de la siguiente manera.

- La longitud de la cadena hidrocarbonada varía directamente proporcional a la capacidad calorífica.

- La insaturación es la responsable del estado de agregación.

- El grupo funcional carboxilo no afecta directamente a la capacidad calorífica de la sustancia, pudiéndose demostrar con el ácido acético del vinagre en comparación con el aceite.

- La solubilidad se afecta por la cadena hidrocarbonada y no así por el carboxilo.



En conjunto, varían al calentarse

- densidad ρ
- viscosidad μ

al quemarse $\rightarrow C + CO_2 + H_2O$

— No existen similitudes importantes del aceite con azúcar y sal, para comparar resultados y comportamientos más específicos.

CATEGORÍA QUINTO A NOVENO SEMESTRES

María del Rocío Redón de la Fuente, Jorge Tiburcio Báez, Claudia Georgina Valverde Legorreta y Ramón Vilar Compte
Estudiantes del noveno semestre de la Facultad de Química, UNAM

ESCRITO. 1 Ideas iniciales sobre los fenómenos.

1) Durante el calentamiento del aceite de maíz sólo ocurren cambios físicos, entre ellos variaciones en la viscosidad, solubilidad y densidad.

2) Durante el calentamiento del aceite de maíz ocurren tanto cambios físicos (como los ya mencionados) como químicos. Algunos de los cambios químicos que creemos pueden suceder son:

a) Descomposición total del aceite de maíz hasta carbono, hidrógeno y oxígeno, en forma de CO_2 y H_2O .

b) Rompimiento del enlace éster del triacilglicérido para formar glicerol y los ácidos grasos correspondientes.

c) Rompimiento en fragmentos de la cadena hidrocarbonada del ácido graso.

ESCRITO 2. Descripción de actividades experimentales.

1) PRUEBAS FÍSICAS:

Se procedió a calentar el aceite de maíz hasta aproximadamente 350 °C, observándose desprendimiento de vapores blancos. Su solubilidad en agua no varió significativamente con respecto al aceite sin calentar. Cualitativamente se observó una aparente disminución en la viscosidad conforme se incrementó la temperatura. Respecto al color del aceite pudimos ver que conforme se calentaba, iba oscureciéndose hasta alcanzar una tonalidad amarillo oscuro, la cual no desapareció al dejar enfriar el aceite.

Como referencia, realizamos también el calentamiento de la sal, el azúcar y el vinagre, y comparamos sus propiedades físicas (estado físico, solubilidad en agua, color y densidad) antes y después de calentar.

2) PRUEBAS QUÍMICAS:

a) Para comprobar la descomposición total del aceite de maíz hasta CO_2 y H_2O se burbujearon los vapores producidos al calentar el aceite, en una disolución de hidróxido de bario. La prueba resultó negativa ya que no se observó la aparición del precipitado de $BaCO_3$.

b) La segunda prueba química se realizó para comprobar la presencia o formación (durante el calentamiento del aceite de maíz) de

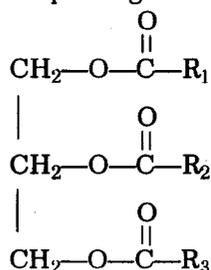
compuestos susceptibles de reaccionar con agentes oxidantes. Para ello se le agregó permanganato de potasio como agente oxidante a un tubo (1) que contenía aceite de maíz calentado hasta 350 °C, a otro tubo (2) que contenía aceite de maíz sin calentar y por último a un tubo (3) que contenía aceite de maíz sin calentar con ácido clorhídrico (1:1). En el tubo 1 se apreció la formación inmediata de un precipitado abundante de color café, en el tubo 2 se observó la formación de una pequeña cantidad de precipitado café después de algunos minutos, y en el tubo 3 también se observó la formación inmediata del precipitado café en abundancia.

ESCRITO 3. Información requerida.

1. Descripción detallada de los componentes del aceite de maíz.

Respuesta del maestro

1. El aceite de maíz está básicamente constituido por triglicéridos.



Los radicales R son cadenas hidrocarbonadas de 16 a 20 átomos de carbono. Por lo tanto el aceite de maíz está formado por ésteres de ácidos grasos con glicerol. Los principales ácidos grasos que contiene son:

Ácido graso	Longitud de cadena	Dobles ligaduras	%
Palmitico	16	0	11
Palmitoleico	16	1	0.1
Estearico	18	0	1.8
Oleico	18	1	25.3
Linoleico	18	2	60.1
Linolénico	18	3	1.1
Araquídico	20	0	0.2

Adicionalmente, se tienen ácidos grasos libres, ceras, fosfolípidos y esteroides (menos de 2%).

ESCRITO 4. Explicación del fenómeno.

ANÁLISIS DE RESULTADOS: En las pruebas físicas se observa un cambio en las propiedades (como la viscosidad y el color) del aceite calentado con respecto al que no se calentó, debido probablemente a los cambios químicos que sufre el

aceite de maíz durante su calentamiento. En la prueba química del hidróxido de bario se trató de probar la hipótesis de que el aceite podría degradarse hasta CO₂ y H₂O, pero la prueba resultó negativa hasta una temperatura de 350 °C (temperatura máxima alcanzada) y por lo tanto dicha hipótesis queda nulificada. En la prueba del permanganato de potasio se trató de probar la hipótesis de que al calentar el aceite de maíz se provoca la ruptura de los enlaces éster entre el glicerol y los ácidos grasos correspondientes; para ello se trató de realizar una analogía entre el calentamiento e hidrólisis ácida del aceite de maíz obteniéndose resultados muy semejantes entre sí, que pueden ser descritos como la formación de un precipitado café y abundante atribuible al MnO₂ formado por la reducción del MnO₄⁻ y por la oxidación del glicerol a gliceraldehído. Cuando se le agregó permanganato de potasio al aceite sin calentar también se observó la formación de un precipitado café (MnO₂) en forma escasa, y después de algunos minutos, debido probablemente a la reacción del MnO₄⁻ con los ácidos grasos libres presentes en el aceite de maíz o con las dobles ligaduras presentes.

EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO: Al iniciar el calentamiento, ocurren una serie de cambios físicos debidos tanto al aumento de la energía cinética de las moléculas (y con ello disminución en las fuerzas intermoleculares) como a modificaciones químicas. Dentro de los cambios químicos, creemos que el más importante es el rompimiento del enlace éster de los triacilglicerol, dando lugar a la formación de glicerol y ácidos grasos. Cabe mencionar que no se descarta la posibilidad de que también ocurran fragmentaciones en las cadenas hidrocarbonadas de los ácidos grasos en los triacilglicerol.

QUIMOTRIVIA-REJECTA

En el año de 1290, Roger Bacon propuso un efectivo principio didáctico:

*La verdad puede nacer del error.
Pero no de la confusión.*

☞ Continúa en la página 251