

# La química detrás de los efectos especiales mecánicos en cine y televisión: regreso a los clásicos

## The chemistry behind the mechanical special effects in filmmaking and television: return to classics

FRANCISCA OFELIA MUÑOZ-OSUNA<sup>1,2</sup>, KARLA LIZBETH ARVAYO-MATA<sup>1</sup>, CARMEN ALICIA VILLEGAS-OSUNA<sup>1</sup>, FRANCISCO HUMBERTO GONZÁLEZ-GUTIÉRREZ<sup>1</sup> Y OSCAR ALBERTO SOSA-PÉREZ<sup>1</sup>

### Resumen

La industria cinematográfica ha evolucionado a pasos agigantados; desde los fotogramas mudos en blanco y negro, hasta las superproducciones multimillonarias que llenan las salas de cine con su estremecedor sonido. Los efectos especiales son todos los recursos artificiales de naturaleza científica, utilizados para dar apariencia de realidad a ciertas escenas que, en su forma más simple y primigenia, se basan en la creación inmediata de recursos físicos como explosiones, disparos, niebla o nieve mediante la ingeniosa aplicación de la química. Con el objetivo de promover la ciencia recreativa como fuente de conocimiento, diversión y para explicar los fundamentos químicos de los efectos especiales mecánicos en cine y televisión, se efectuó una revisión bibliográfica que permitió crear en el laboratorio réplicas a escala de algunos efectos especiales clásicos, que exhiben la creatividad y agudeza con que los expertos del séptimo arte analizan nuestra percepción sensorial del mundo e imitan fenómenos impresionantes y arriesgados en un ambiente controlado.

**Palabras clave:** cine, efectos especiales mecánicos, química.

### Abstract

The film industry has evolved by leaps and bounds from the soundless photograms in black and white, to the multimillionaire blockbusters that fill the theaters with breathtaking sound. Special effects are all the artificial resources of a scientific nature used to give certain scenes which, in their most simple and primordial shape, are based on the immediate creation of physical resources such as explosions, firing, mist or snow by ingenious application of chemistry. With the aim of promoting the recreational science as source of knowledge, fun and to explain the chemical principles of mechanical special effects in film and television, a literature review was conducted to create, in the laboratory scale replicas of some classical special effects, exhibiting the creativity and acuteness in which cinema experts analyze our sensory perception of the world and imitate impressive and risky phenomena in a controlled environment.

**Keywords:** film industry, mechanical special effects, chemistry.

### Introducción

La industria cinematográfica comenzó en 1895, cuando los hermanos Lumière inauguraron el primer cine del mundo, presentando la película *Salida de la fábrica Lumière* que impactó a los espectadores y se convirtió en un parte aguas en la evolución desde aquellos fotogramas mudos en blanco y negro, hasta las superproducciones multimillonarias que llenan las salas de cine con su estremecedor sonido.

<sup>1</sup> Universidad de Sonora. Departamento de Ciencias Químico Biológicas. Boulevard Luis Encinas y Rosales S/N Colonia Centro. C.P. 83000. Tels. (01662) 259-2163 y (01662) 259-2164.

<sup>2</sup> Dirección electrónica del autor de correspondencia: fomo@correom.uson.mx.

La trascendencia de las películas proyectadas se relaciona, muchas veces, con la capacidad visionaria de los cineastas para crear o recrear fenómenos naturales o ficticios que intentan igualar nuestra percepción sensorial del mundo, o bien, persuadirnos de la autenticidad del mundo que nos presentan, mediante técnicas que permiten modificar la apariencia de la imagen o el sonido (Lutz, 2009). Todos estos recursos artificiales de naturaleza científica son llamados efectos especiales, término que se utilizó por primera vez en 1926, en la película de Fox *What Price Glory* (Nusim, 2007).

Los efectos especiales mecánicos usan elementos reales (Hsu y Chaniotakis, 2010) para persuadir al observador de la autenticidad de las imágenes, mediante la creación de fenómenos físicos que, por su naturaleza costosa, arriesgada, desastrosa o improbable, deben ser reproducidos en ambientes controlados, reemplazando materiales químicos de una amplia gama.

En la actualidad, filmes como *La Guerra de las Galaxias*, *Titanic*, *Matrix*, *El Señor de los Anillos*, *Avatar*, *Harry Potter* y más recientemente *Los Juegos del Hambre*, son *blockbusters* que han sido homenajeados por sus efectos especiales. Aunque es obvio que las grandes producciones cinematográficas de los últimos 10 años han necesitado, como la gran mayoría de las películas de acción o ciencia ficción, efectos especiales generados en computadora, algunos de ellos son realizados de la forma tradicional, sobre todo en aquellos que necesitan ser lo más realistas posibles, como es el caso de *Brigada 49*.

Además de ser una aplicación novedosa, el cine se ha convertido en una herramienta didáctica, como es el caso de los talleres impartidos en la Universidad de Oviedo, basados en el análisis de películas como *Shutter Island* y series de televisión como *Bones* (Fernández y García, 2012). Por otro lado, la Universidad de Bristol también ha desarrollado un programa donde se aplican los contenidos de la clase de química, seleccionando compuestos específicos e identificando su uso en el filme seleccionado (Diener, 2010).

El objeto primordial de esta investigación bibliográfica es explicar el fundamento químico de los efectos especiales mecánicos en cine y televisión, así como también promover la química recreativa como fuente de conocimiento y diversión.

## Desarrollo

Los efectos especiales mecánicos, prácticos o físicos, son los recursos más simples utilizados para la creación inmediata de fenómenos físicos. Incluyen efectos ambientales, pirotecnia, sangre artificial, caracterización, disparos, explosiones, niebla, bruma o humo, entre otros; todos ellos tienen en común el auxilio de la química para impresionar a las personas que disfrutan desde sus asientos a través de la pantalla.

Durante las filmaciones, puede no contarse con situaciones ambientales específicas, es por ello que los cineastas buscan reproducir fenómenos atmosféricos como la nieve, niebla, bruma, lluvia o viento. Este último es generado por ventiladores que pueden simular desde una simple brisa hasta un tornado y la lluvia es creada con una mezcla de agua y leche que se rocía con aspersores (Nusim, 2007).

La niebla es un fenómeno atmosférico que comparte fundamentos químicos con otro tipo de efectos similares. Para la producción de niebla, la técnica más antigua y común es utilizar máquinas de humo cargadas con  $\text{CO}_2$  comprimido (hielo seco) que se vaporiza con facilidad añadiendo agua caliente. El hielo seco vaporizado causa un enfriamiento instantáneo del aire de alrededor que condensa la humedad ambiental, generando una niebla blanquecina y relativamente densa.

La temperatura del agua añadida puede ayudar a controlar la cantidad y densidad de niebla; el agua caliente vaporizará el  $\text{CO}_2$  más rápidamente que el agua fría. Debido a que el  $\text{CO}_2$  reemplaza al oxígeno del aire, es peligroso utilizar esta técnica cuando se necesitan grandes cantidades de niebla (Helmenstine, 2012) (Figura 1).

En las películas o series de televisión de magia o misterio, es necesario producir no solo la apariencia de niebla real, sino misteriosos humos densos y de distinta propagación. Para ello se utiliza nitrógeno líquido expuesto a temperaturas relativamente altas,

en las cuales su fase líquida es revertida y vuelve a ser gaseoso. En el proceso, enfría el aire a una mayor velocidad que el  $\text{CO}_2$  comprimido (porque la temperatura a la que se mantiene el estado líquido es mucho menor) condensando el aire a su alrededor rápidamente, manteniéndose cerca del suelo debido a su densidad. Debe tenerse entrenamiento apropiado y controlar la exposición al nitrógeno en esta técnica, porque las bajas temperaturas que se manejan pueden causar serios daños tisulares, además, el gas disminuye la concentración de oxígeno del aire por desplazamiento y puede causar desmayos o asfixia.



**Figura 1.** Niebla real. [<http://hablemosdemisterio.com/misterio/la-niebla-%C2%BFuna-puerta-de-entrada-a-lo-paranormal>].

Actualmente, por la facilidad de manipulación y para reducir los riesgos del manejo, se utilizan glicoles atomizados, también llamados «jugos de niebla» (Nusim, 2007). Esta preparación comercial contiene agua destilada, glicoles y aceite mineral, que son calentados y propulsados a presión por una máquina de humo creando una niebla que varía en densidad y duración dependiendo de las proporciones de la mezcla y de la estructura del glicol; si se aumenta la cantidad de glicol, más tiempo dura en el ambiente; si la cadena es más larga, la niebla es más densa.

La nieve real es difícil de manejar, así que la artificial resulta mejor. Una de las primeras mezclas famosas nació en 1930, con virutas de yeso blando y copos de maíz blanqueados. Posteriormente, se ha recurrido a la celulosa, almidón de papa o arroz, espuma o sulfato de magnesio, dependiendo del área a cubrir o el presupuesto disponible (Lutz, 2009) (Figura 2).



**Figura 2:** Nieve fabricada con  $(-\text{CH}_2\text{CH}[\text{CO}_2\text{Na}]-)_n$ . [<http://www.cienciaonline.com/2008/03/06/%C2%BFcomo-se-hace-la-nieve-artificial>].

La compañía Crownshaw, ha utilizado  $(-\text{CH}_2\text{CH}[\text{CO}_2\text{Na}]-)_n$  (poliacrilato de sodio), un polímero orgánico absorbente encontrado en pañales. El  $\text{H}^+$  de todos los grupos carboxilo ha sido sustituido por  $\text{Na}^+$  y al entrar en contacto con el agua se liberan, dejando libres iones  $\text{COO}^-$ . Los aniones se repelen, estirando la cadena principal y provocando el aumento de volumen. Para que el compuesto vuelva a ser estable y neutro, los iones captan las moléculas de agua, absorbiendo hasta 800 veces su volumen.

Entre las situaciones presentadas en cine o televisión, de las más llamativas son las que muestran escenas sangrientas, que cuidan siempre que el color, textura, brillo y densidad sean lo más real posible. En la mayoría de las preparaciones para filmaciones se utilizan sustancias comestibles, como jarabe de maíz o jarabe de chocolate, para asegurar la correcta densidad; colorantes rojo, azul y amarillo para conferirle el color apropiado según la circunstancia en que deba encontrarse la sangre y algún polvo como maicena o chocolate para manifestar cierto grado de coagulación (Markle y Brace, 2004). Un truco ingenioso para crear heridas instantáneas, es utilizar la reacción química para la síntesis del  $\text{Fe}(\text{SCN})_3$  que forma un complejo hidratado color rojo sangre. Se logra empapando una porción de piel seca con una solución de  $\text{KSCN}$  y un cuchillo sin filo con  $\text{FeCl}_3$ ; al pasar el cuchillo por la piel, se producirá el complejo y dará la impresión de haber causado una herida real (Helmenstine, 2012). Otra posible aplicación de este sencillo principio se

observa en *Los diez mandamientos*, un clásico del cine de la década de 1950, cuando Aarón toma su báculo y lo introduce en las falsas aguas del río Nilo, éste se torna color rojo sangre (Pérez y Boronat, 2012).

En la película *El Dr. Jekyll y Mr. Hyde*, presentan una fórmula secreta para transformarse, que incluía una sal cristalina, un líquido rojo sangre y otros ingredientes. El color y el olor del líquido rojo sangre, aunado específicamente al elemento fósforo, indica que se trata de fósforo rojo disuelto en  $CS_2$ . El  $CS_2$  era comúnmente utilizado para disolver compuestos que no eran particularmente solubles en agua; hoy en día, es remplazado por el solvente DMSO (Dimetilsulfóxido) (Griep y Mikasen, 2009).

Los actores son transformados en casi cualquier criatura mediante el maquillaje prostético, basado en el arte de la cosmetología que, meticulosamente, logra empatar la piel artificial con la real. Las prótesis de alta calidad se logran tomando una impresión exacta de la persona que las usará para, posteriormente, esculpir en el molde las prominencias que se necesitan. Después, el molde se duplica en algún sólido flexible como el látex, silicona, gelatina o poliuretanos (Murphy, 2003) y se adhiere a la superficie corporal (Figura 3).



**Figura 3:** Herida artificial fabricada con silicona. Incluye sangre artificial de fórmula comercial. [<http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-434788491-dermo-skin-piel-falsa-fake-sangre-maquillaje-terror-fx-horro- JM>].

En la película *El Señor de los Anillos*, todas las criaturas de la Tierra Media fueron creadas mediante maquillaje prostético. Un ejemplo es el actor que personificó a *Gimli* el enano, quien tuvo que utilizar una prótesis facial completa para aumentar el tamaño de su cara y lograr el aspecto apropiado para la raza *Dwarf* (Murphy, 2003).

El látex es un coloide de polímeros orgánicos de cadena larga aislados de la savia de árboles tropicales (especialmente *Hevea brasiliensis*) utilizado como ingrediente principal de la piel falsa. Se requiere, además, un agente de curado que unirá las cadenas de los polímeros del látex y un agente espumante que contribuirá a la formación de burbujas.

La mezcla es batida hasta que el agente espumante produce burbujas grandes o pequeñas, dependiendo del tiempo que se agite. Las burbujas pequeñas crearán una consistencia menos flexible que las burbujas grandes porque al calentarse, el agente de curado sellará las uniones entre los polímeros del látex y no permitirá que las moléculas fluyan, convirtiéndolo en un sólido flexible, dependiente de la cantidad de aire que haya sido atrapado dentro de las burbujas.

La silicona, por otro lado, es un polímero líquido cuya columna vertebral se compone de la unión alternada entre el silicio y el oxígeno con grupos laterales orgánicos como el metil, etil o vinil. A diferencia del látex, la silicona requiere un metal como el platino como agente curativo. En el caso de la polisilicona, se añade una molécula pequeña con al menos un átomo de hidrógeno que actúa como reticulante (puede usarse  $SiO_4$ ) y al catalizarse la reacción con un metal como el Pt, el H de esta molécula pequeña se une a los polímeros mediante el grupo  $CH_2CH_2-$ , endureciendo la silicona.

*Harry Potter* es la saga más taquillera de la década, y en concordancia con el tema, mientras aparezca la magia en el cine, aumentan las probabilidades de encontrar fantásticas y sencillas reacciones químicas. *Hermione*, por ejemplo, conjura llamas azules que puede guardar dentro de una jarra de vidrio (Copes, 2006). Esta no es más que una exhibición de la propiedad de los átomos de absorber energía (en este caso térmica) que les conduce a un estado excitado. Al volver a su configuración basal, los átomos liberan energía en forma de radiación electromagnética. Debido a que la energía liberada por cada átomo es de una longitud de onda específica, dependiendo del átomo que se trate será el color emitido; el color azul es producido por las sales de  $Cu^{+2}$ .

Las llamas de colores pueden lograrse también mediante reacciones extremadamente exotérmicas de óxido-reducción. Por ejemplo, la reacción de Zn,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  y vapor de  $\text{I}_2$  o ( $\text{KMnO}_4$ ) y glicerina, crean flamas de varios tonos de color púrpura (Hsu y Chaniotakis, 2010).

Todos los efectos especiales relacionados con el fuego o las chispas son clasificados como pirotecnia, término que proviene de las raíces griegas *Piro* que significa fuego y *Techne* que significa arte o técnica.

La creación de explosiones se puede generar a gran escala y en miniatura, la decisión de cómo realizarlas depende de cada director y del tipo de efecto que se quiere lograr; si bien a escala natural el efecto es más impactante y realista, compromete la seguridad de todos los involucrados, situación que no sucede con las miniaturas.

Los explosivos generalmente tienen en común varios grupos ( $\text{NO}_2^-$ ) cuyos oxígenos son estabilizados por resonancia. En el caso de la nitroglicerina, o TNT, un golpe es suficiente para desestabilizar dichas uniones y causar una explosión. Existen otros «explosivos» ligeramente más estables como es el caso de la nitrocelulosa, fácilmente sintetizable mediante la nitración (con  $\text{HNO}_3$  y  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) de papel o algodón puro como fuente de celulosa, que no explotan propiamente, pero se consumen por deflagración, creando el mismo efecto visual (Figura 4).



**Figura 4:** Explosión de autos en la película *Avengers*. [<http://varietalesdialecticos.blogspot.mx/2012/03/mitos-de-pelicula.html#!/2012/03/mitos-de-pelicula.html>].

Los efectos pirotécnicos dependen, en gran medida, de la imaginación de los artistas. En la filmación de la *Guerra de las Galaxias: una nueva*

*esperanza*, el artista creó una caja con una mezcla de  $\text{S}_8$ , ( $\text{KNO}_3$ ) y carbón, que al ser encendidos desprendían chispas y residuos en todas direcciones para simular una explosión en el espacio donde, obviamente, la combustión no se produce porque no hay  $\text{O}_2$  (Lutz, 2009).

Para la generación de disparos, se utilizan las tronadoras, cuyo desarrollo necesita de la matemática, química y física para asegurar que las dimensiones del estallido no comprometen la integridad física del sujeto. Este pequeño aparato puede generar una explosión por medio de  $\text{NO}_3^-$  y otros explosivos, activada a través de un control remoto. Se calcula matemáticamente la distancia que recorrerá un objeto, el impacto de una explosión, los efectos de alcance, cohesión, adhesión, rotación, vibración, la energía de choque y desprendimiento de calor, representados por ecuaciones que ayudan a descifrar la carga necesaria de un determinado explosivo para la detonación satisfactoria, considerando la presión y velocidad de detonación.

## Conclusiones

La química es una ciencia polifacética que incide en casi todos los aspectos de la vida cotidiana, hecho que los estudiantes a veces pierden de vista. En este sentido, cobra vital importancia evocar y promover la ciencia en general y la química en particular, como fuente de diversión y aprendizaje pero, sobre todo, para favorecer la aplicación de los conocimientos adquiridos de forma creativa y responsable.


Dentro de la industria del entretenimiento, la química fue la base de los efectos especiales en cine y televisión, hasta que muchos de ellos fueron sustituidos por simulaciones computarizadas que, muchas veces, no logran igualar los fenómenos reales. Es por ello, que inclusive la más avanzada tecnología no ha conseguido reemplazar principios químicos basados en reacciones simples, pero espectaculares que persuaden al espectador de la veracidad de las escenas y atraen a una cada vez más fascinada audiencia.

Las estratosféricas inversiones que se hacen en cintas como *Batman*, *Harry Potter*, *La Guerra de las Galaxias* o *Avatar*, manifiestan el impacto que los efectos especiales pueden dar a una película, sin

menospreciar el guion o la trama. Estos son ejemplos de filmes que trascienden por el realismo que alcanzan sus mundos de fantasía gracias a la atención que ponen en los detalles y a la creatividad de los científicos que trabajan para la industria cinematográfica, empleo que debe ser altamente gratificante.

Desde la manipulación atmosférica hasta la generación de heridas de bala, la química explica y expone los secretos del cine, demostrando una vez más que hay una línea fina donde pueden mezclarse la magia y la ciencia, si se tiene la imaginación suficiente.

## Bibliografía

- COPEL, J. S. 2006. The chemical wizardry of J. K. Rowling. *Journal of Chemical Education* 83(10): 1479-1483.
- DIENER, L. 2010. News from online: lights, camera, chemistry! *Chemical Education Today* 87(10): 1004-1006.
- DI LENA, T. 2012. Varietales Dialécticos. Mitos de Película. Consultado el 26 de Octubre de 2012 en la URL: <http://varietalesdialecticos.blogspot.mx/2012/03/mitos-de-pelicula.html#!/2012/03/mitos-de-pelicula.html>
- FERNÁNDEZ, L. T. and S. García. 2012. La química en el cine: ficción o realidad. *An. Quim.* 108(1): 44-48.
- GRIEP, M. and M. Mikasen. 2009. Reaction. Chemistry in the Movies. Oxford University Press, New York. 331 p.
- HABLEMOS DE MISTERIO. 2011. La niebla, ¿una puerta de entrada a lo paranormal? Consultado el 26 de Octubre de 2012 en la URL: <http://hablemosdemisterio.com/misterio/la-niebla-%C2%BFuna-puerta-de-entrada-a-lo-paranormal>.
- HELMENSTINE, A. M. 2012. Special effects science; chemistry behind movie special effects. About.Com Chemistry. Consultado el 20 de Octubre de 2012 en la URL: <http://chemistry.about.com/od/demonstrationexperiments/tp/Special-Effects-Science.htm>
- HERNÁNDEZ, L. 2008. Ciencia online ¿Cómo se hace la nieve artificial? Consultado el 26 de Octubre de 2012 en la URL: <http://www.cienciaonline.com/2008/03/06/%C2%BFcomo-se-hace-la-nieve-artificial>
- Hsu, T. and M. Chaniotakis. 2010. A Natural Approach to Chemistry. Lab Aids, New York. 710 p.
- LUTZ, D. 2009. Hollywood special effects. How did they do that? *ChemMattersOnline* 27(4): 5-8. Consultado el 15 de Agosto de 2012 en la URL: [http://portal.acs.org/portal/PublicWebSite/education/resources/highschool/chemmatters/archive/CNBP\\_023526](http://portal.acs.org/portal/PublicWebSite/education/resources/highschool/chemmatters/archive/CNBP_023526)
- MARKLE, S. and E. Brace. 2004. Make Fake Blood and 18 More Spooky Special Effects! (Science dares you!). Scholastic, New York. 64 p.
- MERCADO LIBRE. 2012. Dermo skin, piel falsa, fake, sangre, maquillaje, terror fx, horror. Consultado el 26 de Octubre de 2012 en la URL: <http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-434788491-dermo-skin-piel-falsa-fake-sangre-maquillaje-terror-fx-horror-JM>
- MURPHY, M. 2003. «Middle earth's monster makers. *Chemistry and Industry* 24: 10-12.
- NUSIM, R. 2007. Visual effects: seeing is believing. Young Minds Inspired and Academy of Motion Picture, Arts and Science. 18 p. Consultado el 18 de Octubre de 2012 en la URL: <http://www.oscars.org/educationoutreach/teachersguide/visualeffects/pdf/visaeffects.pdf>
- PÉREZ, J. P. L. and R. Boronat. 2012. Una reacción química de cine. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 9(2): 274-277. 

---

Este artículo es citado así:

Muñoz-Osuna, F. O., K. L. Arvayo-Mata, C. A. Villegas-Osuna, F. H. González-Gutiérrez y O. A. Sosa-Pérez. 2013: *La química detrás de los efectos especiales mecánicos en cine y televisión: regreso a los clásicos*. *TECNOCENCIA Chihuahua* 7(2): 58-64.

## Resúmenes curriculares de autor y coautores

**FRANCISCA OFELIA MUÑOZ OSUNA.** Químico egresado de la Escuela de Ciencias Químicas de la Universidad de Sonora en 1975. Ha realizado estudios de Posgrado en el Departamento de Polímeros y Materiales donde cursó la maestría de 1988-1990 en la Universidad de Sonora y en la Universidad Pedagógica Nacional Unidad 26A de Hermosillo, Sonora, donde realizó la Maestría en Educación Campo: Formación Docente de 2002-2004. Actualmente cursa el Doctorado en Educación en la Universidad Nacional a Distancia (UNED) en Madrid España. Ha asistido a 150 cursos, congresos, eventos académicos de actualización y simposios nacionales e internacionales. Ha impartido 27 conferencias, 29 ponencias en IES y en nivel medio superior en eventos nacionales, locales y regionales. Ha participado en la organización de 16 eventos académicos. Fue maestro de asignatura en 1975-1977 y tiempo completo a partir de 1978 en la Escuela de Ciencias Químicas y primera Jefa de Laboratorios de dicha escuela y del Departamento de Ciencias Químico Biológicas. Ha sido directora de ocho exámenes de licenciatura, dos de maestría y sinodal de múltiples exámenes profesionales. Ha sido asesor académico de 84 trabajos presentados en la Muestra Estudiantil, obteniendo 63 premios. Es autor de 11 artículos publicados en revistas de circulación nacional o internacional. Ha escrito cinco libros académicos, es responsable y/o colaborador de 44 proyectos concluidos. Miembro de jurado calificador para el ingreso de personal académico. Ha participado en diseño de programas de materia e impartido cursos a profesores de nivel secundaria, preparatoria y universidad. Ha tenido múltiples comisiones y proyectos realizados, entre ellos la Comisión Dictaminadora de Ciencias Biológicas y de la Salud, Reforma Curricular 1978-2004 y Nuevo Plan de Estudios 2004 para QBC y QA. Es presidente de academia de química analítica, maestra en el área de química orgánica, química analítica, tutora desde el año 2000 y responsable de dos proyectos de docencia enfocados a competencias docentes.

**KARLA LIZBETH ARVAYO MATA.** Es estudiante de sexto semestre de la Lic. Químico Biólogo Clínico en la Universidad de Sonora (UNISON). Es asesor en el programa de Tutorías por pares en el Departamento de Ciencias Químico Biológicas. Es autor de un artículo científico de nivel internacional y ha presentado cinco ponencias a nivel local obteniendo segundo lugar en tres ocasiones y ha participado en tres ponencias a nivel nacional. Ha asistido a dos congresos estatales y a un curso de actualización.

**CARMEN ALICIA VILLEGAS OSUNA.** Químico-Biólogo, Especialidad Tecnología de Alimentos, egresada de la Escuela de Ciencias Químicas de la Universidad de Sonora. Obtuvo la Maestría en Ciencias de los Materiales en la Universidad de Sonora. Es docente en la Universidad de Sonora de 1981 hasta la fecha, impartiendo las clases de Química Orgánica I, Química Orgánica II y Química Orgánica III. Ha participado en proyectos en la línea de Investigación Educativa, tres como responsable y cuatro como colaborador, dos de ellos en proceso. Participa como tutor académico de alumnos del Departamento de Ciencias Químico Biológicas del 2000 a la fecha. Ha asistido a numerosos cursos, de los cuales 10 corresponden a los últimos cinco años. Participó en la organización y como asesor en la Olimpiada Sonorense de Química de 1994 a 2010. También ha colaborado en la organización de la Olimpiada de Química Campogrande del 2005 al 2011. Colaboró como miembro de la Comisión de Asuntos Académicos, tanto a nivel academia como departamental. Asimismo, en la Comisión Departamental para la Revisión y Adecuación de los Lineamientos de Titulación. Presentó 10 ponencias en cartel en los últimos cinco años en la Semana Nacional de Ciencia y Tecnología. Es autor o coautor de siete artículos de investigación y/o divulgación, tres libros, dos manuales de prácticas y materiales didácticos correspondientes a las materias impartidas. Tiene reconocimiento PROMEP desde el año 2004 a la fecha.

**FRANCISCO HUMBERTO GONZÁLEZ GUTIÉRREZ.** Es estudiante de sexto semestre de la Lic. Químico Biólogo Clínico en la Universidad de Sonora (UNISON). Es autor de cinco ponencias a nivel local obteniendo segundo lugar en dos ocasiones y ha participado en tres ponencias a nivel nacional. Ha asistido a un congreso nacional.

**OSCAR ALBERTO SOSA PÉREZ.** Estudiante de sexto semestre de la Lic. Químico Biólogo Clínico en la Universidad de Sonora (UNISON). Es autor siete ponencias a nivel local obteniendo el segundo lugar en dos ocasiones y ha participado en tres ponencias a nivel nacional. Ha asistido a un congreso nacional.