



Foto: Alberto Naranjo

tejen telarañas de tipo red (como en las películas de miedo o cuando se quiere mostrar que un lugar está sucio y descuidado), que todas atrapan a sus presas por medio de la telaraña, que todas son venenosas y que sus picaduras son siempre mortales.

A pesar de que es poco probable que en una clase de química o biología alguien quiera complicarse con una discusión técnica sobre la fuerza y la elasticidad de un hilo de seda, se puede hacer un símil utilizando un hilo de coser (delgado) comparado con una liga de hule. Se cuelgan objetos pesados de cada uno hasta que el hilo y la liga se rompan. Lo que se observa es que el hilo tendrá mucha más fuerza ténsil (resistencia a romperse), pero que la liga tiene mucha más elasticidad. Se puede entrar a la siguiente página (en inglés) y seguir la discusión que los autores hacen sobre este tema y su relación con la seda de araña: www.tiem.utk.edu/~mbeals/spider.html

Se puede hacer el mismo experimento, pero utilizando hilos de distintas fibras naturales y sintéticas (algodón, lino, lana, rayón, nailon, lycra, etc.), y observar también sus propiedades de fuerza ténsil y elasticidad.

Los alumnos pueden realizar investigaciones sobre estos temas cuando se estudian polímeros naturales y sintéticos en la clase de química, lo que ofrece una posibilidad muy interesante de trabajo por proyectos (ahora requerido por la SEP

en Secundaria), dado que involucra muchos temas de interés, tanto químico como biológico. A continuación se da otra idea, que también podría integrar el trabajo con el área de física.

VI. Investigación por proyectos

Los materiales sólidos generalmente se clasifican de acuerdo con su comportamiento mecánico. Una de estas categorías es la de los materiales ténsiles, que operan al resistir la tensión de un cuerpo que los jala hacia abajo. Existen cuatro tipos de materiales ténsiles en la naturaleza: la seda, el colágeno, la quitina y la celulosa. La seda y el colágeno están compuestos ambos por proteínas, mientras que la celulosa y la quitina están hechos de polisacáridos (azúcares). La pregunta que en principio dispara el interés para realizar el proyecto es la siguiente: ¿qué propiedades debe tener el hilo de la tela de araña para ser suficientemente fuerte para atrapar presas, soportar el efecto y la fuerza del viento, y tan flexible que soporte la deformación que producen los insectos atrapados cuando luchan para zafarse?

Los alumnos deberán consultar con su maestro de física y tomar en cuenta las siguientes variables:

σ	Presión ténsil (MPa)
ϵ	Esfuerzo (adimensional)
E	Elasticidad de Young (MPa)

El resto del trabajo: diseño del experimento, obtención de resultados e interpretación, se deja a la creatividad de los alumnos y la guía experta de los maestros.

VII. Bibliografía

Vogel, S., *Life's Devices: the Physical World of Animals and Plants*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1988.

Wainwright, S. A., W. D. Biggs, J. D. Currey y J. M. Gosline, *Mechanical Design in Organisms*, Princeton University Press, Princeton, NJ, 1976.

Los profesores pueden copiar esta guía para su uso en clase. Para cualquier otro uso es necesaria la autorización por escrito del editor de la revista.



Maestros:

Esta guía se ha diseñado para que un artículo de cada número de *¿Cómo ves?* pueda trabajarse en clase con los alumnos, como un complemento a los programas de ciencias naturales y a los objetivos generales de estas disciplinas a nivel bachillerato. Esperamos que la información y las actividades propuestas sean un atractivo punto de partida o un novedoso "broche de oro" para dar un ingrediente de motivación adicional a sus cursos.

I. Relación con los temarios del Bachillerato UNAM

Esta guía y el artículo de referencia pueden utilizarla maestros de biología o química, principalmente; la información que se incluye—sobre productos naturales y la búsqueda de sustancias similares en la vida cotidiana— aborda conceptos y recomendaciones estrechamente relacionados con estas disciplinas.

II. En busca de la superseda

Las primeras dos cabras desarrolladas por Nexia Biotechnologies (compañía canadiense afincada

en Montreal) fueron en su momento los únicos animales que portaban un gen de araña en su código de aproximadamente 70000 genes. Se llaman Webster y Meter y son machos. Nacieron en enero de 2000 y pronto les siguió todo un rebaño de 40 cabras capaces de producir leche con proteína de araña para venta industrial. Nexia se jacta de haber producido la seda de araña "hecha por el ser humano" de mejor calidad. Se vende con el nombre de BioSteel (bio-acero), y consiste en una familia completa de proteínas de seda de araña. Su tecnología hace uso de las semejanzas anatómicas de la glándula de seda de la araña y las glándulas mamarias de los mamíferos.

Por desgracia, algunas de las propiedades que hacen tan atractiva la proteína de seda logran simultáneamente que sea difícil trabajar con ella. No es fácil de manipular y de mantener en disolución. Tiene tendencia a precipitarse y es insoluble en los disolventes más comunes. La mayoría de de las fibras sintéticas, como el rayón o el nailon, por el contrario (y a su favor), son mucho más fáciles de manipular en disolución o por fusión. A tal grado resultó complicada la aplicación del BioSteel, que la compañía fabricante pasó de tener un capital de 67 millones de dólares



Foto cortesía J. Schmidt.

en 2004 a declararse en quiebra y fue vendida a otros socios capitalistas en 2006. Ellos siguen trabajando en transgénicos y buscando la forma de colocar su producto (que es más resistente y ligero que el Kevlar y el acero, según las evidencias). Por cierto, las cabras siguen vivas en un rancho de Ontario.

Las posibilidades de la seda sintética no han pasado inadvertidas para las compañías más grandes y poderosas, por ejemplo E. I. du Pont de Nemours, que también está buscando el camino por medio de tecnologías de ADN recombinante. Un extracto de sus propias publicaciones:

“Para la seda de araña hemos desarrollado técnicas avanzadas de simulación computacional, a fin de diseñar un modelo molecular que integre la información disponible a la fecha en cuanto a esta fibra, increíblemente fuerte y elástica. Los genes sintéticos se diseñaron para codificar genes análogos de las proteínas de la seda. Éstos fueron insertados en levaduras y bacterias, y se produjeron los análogos de la proteína esperados. La bioseda fue luego disuelta en un disolvente y la proteína se tejió en forma de fibras, usando técnicas de hilado similares a las que lleva a cabo la araña cuando expulsa la fibra.”

III. Arañas

Estos animales son abundantes en todo el mundo, excepto en la Antártida. Se han descrito con deta-

lle alrededor de 34000 especies, aunque hay más. Varían en tamaño desde menos de un milímetro hasta aproximadamente 90 mm. Son criaturas depredadoras, principalmente de insectos.

A pesar de que todas las arañas tienen glándulas de veneno, son muy pocas las que resultan peligrosas para los humanos. Las dos más conocidas por provocar reacciones muy graves son la viuda negra (sólo una de las seis especies conocidas es peligrosa) y la tarántula café. Es realmente raro que la picadura de una araña sea mortal, pero siempre causa daños, como dolor muy intenso, náusea y parálisis parcial del diafragma.

Las arañas hembra son generalmente un poco más grandes que los machos de la misma especie. Después de la cópula no es raro que la hembra se coma al macho. Por ejemplo, la viuda negra hembra es cuatro veces más grande que el macho y es poco común ver a los machos por la misma razón.

A pesar de que la mayoría de las arañas capturan a sus presas en telarañas, algunas también son cazadoras. La araña brincadora y la araña lobo persiguen y acorralan a los insectos antes de matarlos. La araña cangrejo tiene otra táctica: espera a la presa escondida dentro del cáliz de las flores. Muchas veces se le da el mismo nombre a un número relativamente grande de especies diferentes. “Araña lobo” designa unas 125 especies.

Curiosamente, y como se menciona en el artículo, no todas tejen el mismo patrón en sus telarañas. La araña tejedora de hojas teje una telaraña horizontal, en forma de folio u hoja de escribir. Otras tejen telarañas en forma de embudo y otras lo hacen en forma de túneles, incluyendo también hojas en el entretejido.

¿Y por qué no se quedan pegadas en su propia telaraña? Hay varias razones. En primer lugar, la mayoría de las arañas tienen dos o tres estructuras que contienen un área especializada que usan para engancharse en las hebras de la telaraña. Esto permite a la araña balancearse de hilo en hilo sin tener realmente que entrar en contacto con la parte pegajosa. Además, y cómo ya se menciona en el artículo, las arañas producen más de un tipo de seda, dependiendo del propósito para el que se requiere. No toda la seda que se produce es pegajosa, y las arañas dejan un área en la que ellas se mueven, conocida como seda de ancla, que es diferente de la seda de trampa o cepo, que se usa para atrapar los insectos. Estos animales pueden también producir sustancias aceitosas que les ayudan a quedar en libertad en caso de que caigan en el área de cepo.

IV. Conceptos de química

Los aminoácidos de la proteína

La seda de araña involucra la polimerización de los aminoácidos comunes: glicina, alanina, prolina, tirosina, serina y glutamina. En general, estas moléculas con dos grupos funcionales diferenciados (el carboxilo y el amino), se combinan de muchas maneras para formar proteínas, tanto animales como vegetales. A pesar del enorme número de proteínas que existen, casi todas están formadas exclusivamente de 20 aminoácidos. Hay un número muy pequeño de aminoácidos “exóticos”, que ocasionalmente aparecen dentro de la proteína.

Con excepción de la prolina, la estructura de los aminoácidos consiste en un átomo de carbono central (conocido como carbono alfa), que está unido al grupo amino, al grupo carboxilo y a un átomo de hidrógeno. Al pH normal de la célula los aminoácidos existen como iones bipolares, dado que el grupo carboxílico es ácido (dona un protón al grupo amino, que es básico), formando las especies $(-NH_3^+)$ y $(-COO^-)$. Las proteínas son

polímeros que consisten en un enorme número de aminoácidos unidos.

Técnica de análisis

Para determinar la estructura de la seda de araña, los investigadores de Nexia y de Du Pont utilizan técnicas de marcado o trazado por isótopos de C-13, N-15 y deuterio (2H). La técnica consiste en reemplazar un átomo de la molécula con otro átomo equivalente, pero de mayor masa, que es el isótopo. Éste puede ser o no radiactivo (los utilizados en este estudio no lo son). Esto permite a los químicos hacer un seguimiento del átomo que participa en las reacciones químicas o en otros procesos. Cuando el átomo reemplazado no es radiactivo, los técnicos lo pueden localizar por medio de la espectrometría de masas o por otras técnicas que detectan las diferencias de masas de varios constituyentes del sistema de reacción.

V. Ideas previas de los alumnos y sugerencias para la clase

Una creencia común de los estudiantes es que las arañas son insectos, pero una evidencia clara para demostrar que no lo son es la presencia de ocho patas (los insectos sólo tienen seis).

Muchos alumnos probablemente tengan varias ideas previas sobre las arañas: que todas



Foto: Alberto Naranjo