

# CIENCIA

ciencia@reforma.com  
www.reforma.com/ciencia  
Tel. 5628-7237.

Contra difteria, tos ferina y tétanos

## Hacen de jitomate vacuna comestible

Utilizando el vegetal como biorreactor, expertos del IPICYT ensayan en ratones una protección masiva y barata

**POR PATRICIA LÓPEZ**  
**P**roducir jitomates que protejan a los niños de difteria, tos ferina y tétanos es el objetivo de la investigación en vacunas comestibles que realiza el Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT).  
 "Más allá del obvio alivio de evitar jeringas y agujas, la verdadera ventaja de las vacunas comestibles consiste en facilitar el acceso masivo de la población a las campañas de vacunación. Esto se potenciaría enormemente con vacunas que no requieran de cadena de frío y personal especializado para su aplicación", explica Ángel Gabriel Alpuche Solís, profesor-investigador de la División de Biología Molecular del IPICYT.

La ingeniería genética, considera, ofrece la alternativa de usar plantas como biorreactores para que por medio del uso de la maquinaria vegetal puedan producirse productos de interés farmacéutico, como péptidos antigénicos que al ser ingeridos induzcan la producción de anticuerpos neutralizantes previniendo la enfermedad sin efectos secundarios indeseables.

Esta nueva forma de vacunación empleando plantas transgénicas comestibles es una estrategia prometedora, especialmente en países en vías de desarrollo, apunta Alpuche, quien realiza esta investigación junto con la química farmacobióloga Ruth Elena Soria Guerra, su alumna de doctorado.

Ingeniero bioquímico en alimentos y doctor en biología molecular de plantas, Alpuche puntualiza su trabajo: producir ciertas proteínas correspondientes a toxinas dirigidas contra la difteria, tos ferina y tétanos (DPT) en plantas de jitomate (*Lycopersicon esculentum*) utilizando genes sintéticos, como un primer paso hacia el desarrollo de una vacuna comestible.

"Hemos demostrado que al menos 8 plantas producidas por cultivo de tejidos vegetales *in vitro* cuentan con el gen. La técnica nos ayuda a detectar genes que no se encontraban originalmente en la planta. También hemos detectado que el gen se transcribe y estamos en la fase de verificar si la proteína antigénica es reconocida por el anticuerpo comercial contra DPT".

Si el resultado es positivo, la siguiente fase será ver si las proteínas que producen los jitomates pueden proteger a ratones contra las bacterias que causan las tres enfermedades.

El tiempo promedio para obtener una planta que produzca una vacuna y hacer pruebas en ratones es de 4 a 5 años. La fase de pruebas clínicas puede tomar 2 ó 3 años más.

El enorme potencial de los sistemas de expresión de biomedicamentos en plantas queda demostrado, afirma el investigador, en que el costo de producción de una proteína recombinante en plantas comestibles puede llegar a ser hasta 50 veces inferior al costo del mismo producto obtenido en fermentadores o reactores en cultivos de bacterias no patógenas.

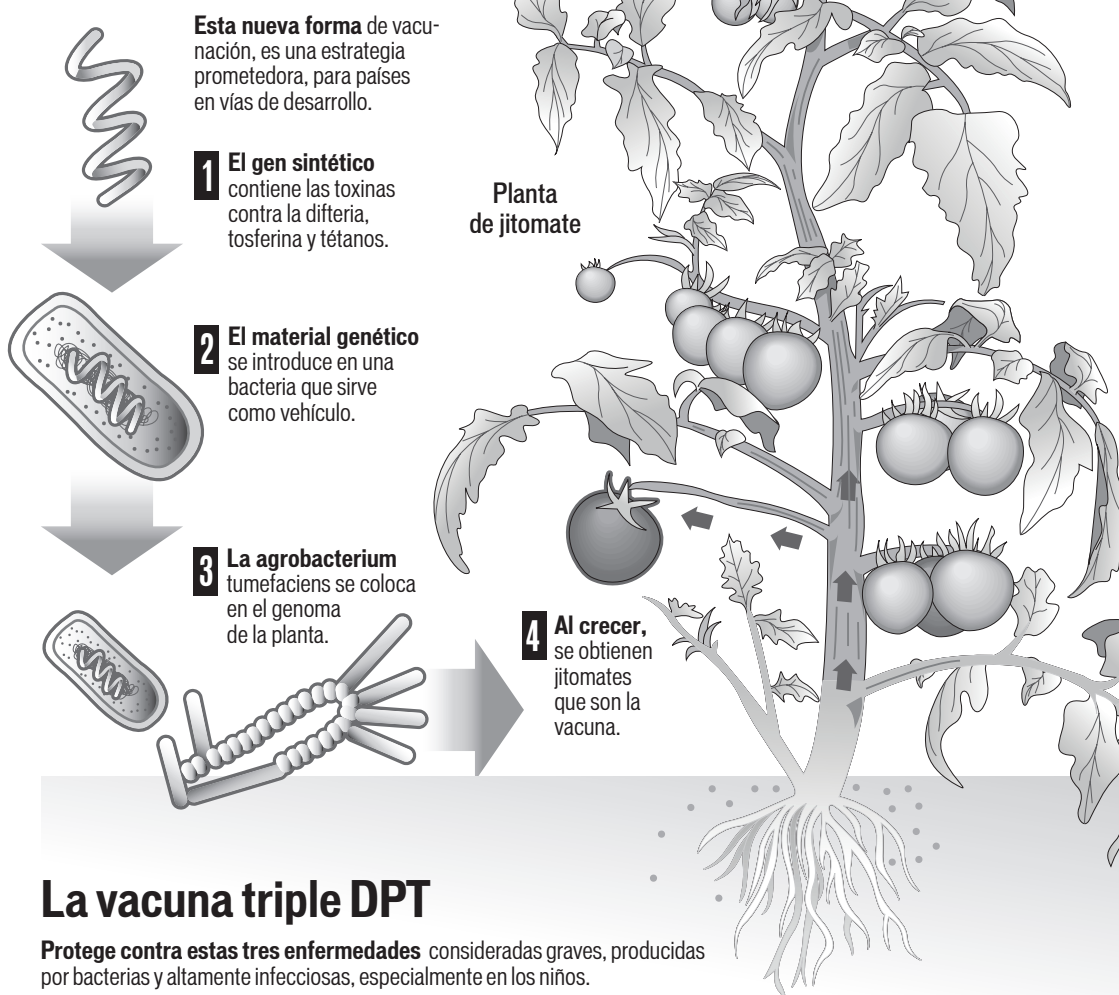
### EL PROCESO DE PRODUCCIÓN

Para producir proteínas bacterianas en plantas es importante recordar que el sistema de traducción de información de ADN contenida en los genes a proteínas difiere entre bacterias y plantas.

"Existe un código genético basado en cuatro ba-

### Protección vegetal

A partir de una modificación genética, se logran vegetales que protegen contra tres enfermedades.



### La vacuna triple DPT

Protege contra estas tres enfermedades consideradas graves, producidas por bacterias y altamente infecciosas, especialmente en los niños.

**La difteria**, causada por la bacteria "Corynebacterium diphtheriae", provoca recubrimiento espeso de la parte posterior de la garganta y la nariz, causando problemas respiratorios, parálisis, fallo cardíaco y hasta la muerte.

**El tétanos**, provocado por la bacteria "Clostridium tetani", causa espasmos dolorosos de los músculos de todo el cuerpo. Puede causar "trabadura" de la mandíbula dificultando abrir la boca o tragar, causa la muerte en uno de diez casos.

**La tos ferina**, provocada por la bacteria "Bordetella pertussis", produce ataques de tos tan intensos que a los bebés les resulta difícil comer, beber o respirar. Puede causar neumonía, convulsiones, daño cerebral y muerte.

ses (nucleótidos) conocidos como adenina, guanina, timina y citosina, los cuales son leídos de tres en tres (codones) al pasar el ARN mensajero por los ribosomas (maquinaria de síntesis de proteínas) e ir uniendo aminoácidos (unidades básicas de las proteínas)", explica Alpuche.

"El uso de codones por bacterias es diferente al de las plantas, por lo que hay que optimizar la información para que se produzca la proteína antigénica en la planta eficientemente, a este proceso se le conoce como optimización del uso de codones por medio de genes sintéticos.

"Existen varias compañías a nivel mundial que ofrecen este servicio. El uso de genes sintéticos favorece la producción de la proteína en planta que nos servirá como vacuna", afirma.

Hasta el momento, los investigadores del instituto potosino de investigación cuentan con plantas que contienen el gen sintético optimizado de DPT para expresarse en ellas, "introducido a través de una bacteria (*Agrobacterium tumefaciens*) que dirige el gen sintético al genoma de la planta y hace que la progenie herede este gen", finaliza el científico.

### Sabor y bajo costo

- Eliminan la necesidad de refrigeración, del uso de agujas y jeringas y de la capacitación de personal, con lo cual aumenta la aceptabilidad y se reducen los costos.

- Reducen las reacciones adversas.

- Eliminan los riesgos de contaminación.

- La generación de plantas transgénicas que produzcan diferentes proteínas antigénicas a la vez permitiría la formulación de vacunas múltiples.

- En las plantas hay mayor precisión para el procesamiento final de proteínas con estructuras correctas que en bacterias y levaduras.



Se examinó el linaje completo (de abuelos, padres e hijos), hasta reunir a mil 526 individuos de gorrion cebra.

## Estudian en aves genética del semen

El trabajo sobre espermatozoides le valió a Héctor Castillo, de la UAM, publicar en 'Nature'

**POR PATRICIA LÓPEZ**  
**P**ara conquistar y fecundar a una hembra, los gorriones machos no sólo compiten entre sí cantando y luciendo picos y plumajes rojos para realizar su atractivo. También realizan una batalla campal con sus espermatozoides, algunos fuertes y largos, otros pequeños y veloces.

"La función y diseño genético de los espermatozoides son determinantes en el éxito reproductivo de los machos y en su lucha por la selección natural en casi todas las especies", explica Héctor Castillo Juárez, de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco (UAM-X), cuyo trabajo sobre caracterización de semen de gorriones cebra (*Taeniopygia guttata*) fue publicado por la revista británica *Nature*.

Realizado en coautoría con los investigadores T.R. Birkhead, E.J. Pellatt, P. Brekke y R. Yeates, de la Universidad de Sheffield en Inglaterra, el trabajo de Castillo Juárez —médico veterinario y maestro en producción animal por la UNAM, con estudios de postdoctorado en Sheffield— indaga cómo es la constitución de los espermatozoides, sus variantes entre aves de la misma especie e incluso entre un mismo individuo.

El estudio aporta datos para aplicaciones en el mejoramiento de toros lecheros, gallos domésticos y otras especies de granja.

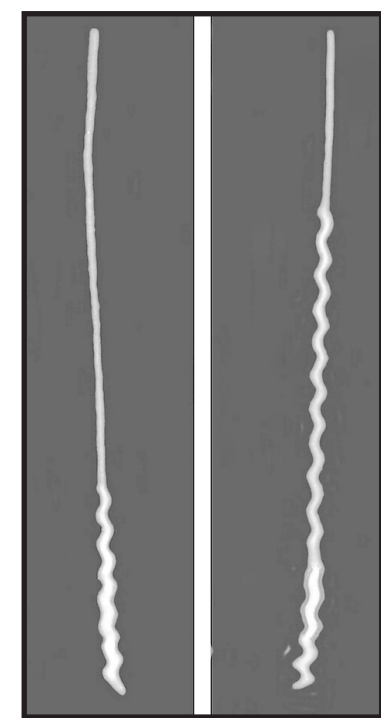
"La estructura espermática tiene que ver con la fertilización, pues el tipo de espermatozoide —más fuerte, de cabeza más larga, o más pequeño y veloz— participa en la variabilidad de las especies", añade.

### ANÁLISIS EN CAUTIVERIO

El experimento inició con 81 gorriones cebra machos, cada uno de los cuales se apareó con 6 hembras; y siguió con el linaje completo (de abuelos, padres e hijos) hasta reunir a mil 526 individuos.

Del semen de los machos adultos se midió la velocidad de desplazamiento, tamaño y forma de cada espermatozoide, lo que permitió encontrar diferentes tipos en un mismo animal.

El estudio revela en estas aves "un extraordinario grado de variación en el diseño de los espermatozoides, que es independiente de la velocidad de nado de éstos", detalla Castillo, quien



El estudio detalla espermatozoides de diversos tamaños y formas.

considera que esto tiene una intención biológica por mantener la variabilidad de la especie.

"Si todos los espermatozoides fueran iguales, al cabo de varias generaciones los animales serían todos iguales, no habría variantes ni competencia, y ello afectaría a la especie", añade.

La investigación demostró que la longitud de la cabeza y de la parte media o flagelo del espermatozoide son heredables y que existen correlaciones genéticas entre las características de los espermatozoides heredados de la madre.

Antes de gorriones, Castillo estudió gallos domésticos (*Gallus gallus*), y en ellos descubrió que "los de menor jerarquía social tienen espermatozoides más veloces, lo que les permite tener descendencia aunque sean los últimos en aparearse con las gallinas, y parte importante de esa mayor velocidad tiene un origen materno", comenta el científico.

Castillo recuerda que fue Charles Darwin quien postuló la selección sexual, que se refiere a la competencia reproductiva: los machos compiten por las hembras pero ellas eligen.

Con estos estudios "podemos seleccionar machos que tengan esas características y entender problemas de infertilidad en humanos", finaliza Castillo.

fotogalería [reforma.com/ciencia](http://reforma.com/ciencia)

## ALEPH CERO

### Gravedad y electricidad

Por Shahan Hacyan

¿EXISTE ALGUNA RELACIÓN ENTRE GRAVEDAD Y ELECTRICIDAD? Hay muchas similitudes entre las dos fuerzas, pero también diferencias importantes. Por ejemplo, no se conoce nada parecido a una gravedad negativa, ni ninguna forma de aislar o descargar la gravedad de un cuerpo y hacerlo levitar (aunque algunos esotéricos pretendan lo contrario). En cambio, las cargas eléctricas pueden atraerse o repelerse, y muchos materiales aíslan la electricidad.

Michael Faraday, el físico experimental más importante del siglo 19, se interesó en este problema al final de su vida. A Faraday se le recuerda por sus experimentos de electricidad y magnetismo que lo condujeron, en 1831, al descubrimiento de la inducción electromagnética: la generación de una corriente eléctrica a partir de un campo magnético, un efecto que es el fundamento de toda la ingeniería electromecánica. Faraday encontró una relación íntima entre electricidad y magnetismo, lo cual lo llevó, en un siguiente paso, a preguntarse si no habría también una relación entre gravitación y electricidad; por ejemplo, ¿podría la gravedad producir efectos eléctricos y viceversa?

Faraday nunca tuvo una educación formal y sus conocimientos de matemáticas eran muy rudimentarios, pero suplía esta falta teórica con una extraordinaria intuición que le permitía ver la raíz de los fe-

nómenos físicos, allí donde sus colegas sólo veían relaciones formales.

Alrededor de 1850 diseñó y realizó un experimento que consistía en dejar caer, desde una altura de unos once metros, una bobina enrollada alrededor de un cilindro masivo para tratar de registrar alguna corriente eléctrica generada en ella. Al principio creyó que había detectado un leve efecto, pero mediciones más precisas lo convencieron de que no era el caso. Después de muchos intentos, Faraday decidió que estaba sobre una pista falsa y dejó el asunto por la paz.

Ya en pleno siglo 20, Albert Einstein también trató de resolver este problema y le dedicó, en buena parte, la segunda mitad de su carrera científica. A diferencia de Faraday, Einstein recurrió a un formalismo matemático, altamente teórico y sin sustento en experimentos reales, con el que trataba de extender los éxitos obtenidos con su teoría relativista de la gravedad.

Primero intentó con una teoría según la cual existe una quinta dimensión relacionada con la electricidad, pero no obtuvo nada. Después propuso que las partículas atómicas serían como agujeros en el espacio-tiempo. Tampoco llegó a nada, aunque su trabajo dio lugar a los agujeros de gusano, túneles en el espa-

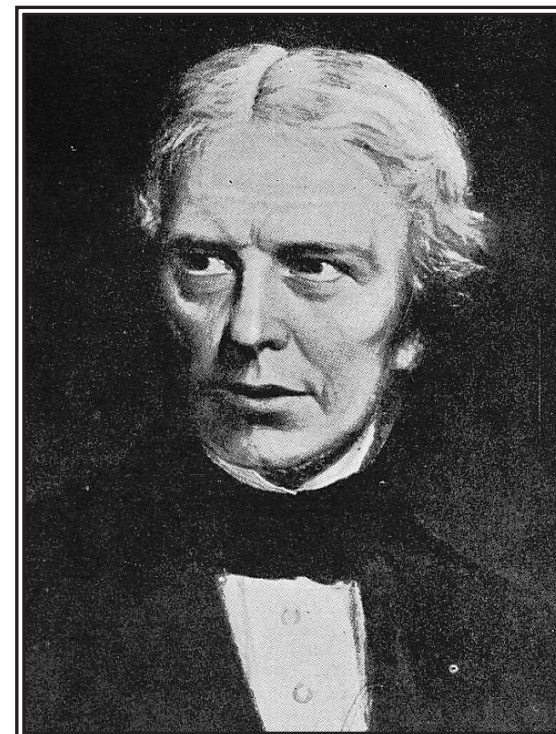
cio-tiempo que conectan una región del Universo con otra; se trata, sin embargo, de una construcción puramente matemática que hasta ahora sólo se ha visto en las películas de ciencia ficción.

Visto a la distancia de los años, los éxitos que Einstein obtuvo durante su juventud no se comparan con los trabajos de sus últimos años (y, sin embargo, la imagen de Einstein que más conoce el público no es la del brillante joven que revolucionó la física de su siglo). En los años treinta y cuarenta, mientras él se empeñaba en encontrar una teoría altamente matemática que revelara las fuerzas de la naturaleza, sus colegas habían descubierto y estudiaban las fuerzas nucleares.

Curiosamente, Einstein nunca se interesó en la física nuclear, seguramente porque no se prestaba a una descripción matemática clara y rigurosa como a él le gustaba. Por ello es una ironía de la historia que a Einstein se le asocie con la bomba nuclear, a pesar de que no participó ni remotamente en su construcción. Es cierto que descubrió en su juventud la famosa equivalencia entre masa y energía, pero nunca se le ocurrió que podría extraerse energía de los núcleos atómicos; aparte de eso, todo lo que tuvo que ver en el asunto fue una carta que escribió al presidente Roosevelt exhortándolo a iniciar un programa nuclear antes de que los alemanes tomaran la delantera.

A la distancia de los años, está claro que un programa de unificación de la electricidad con la gravedad, tal como lo concibieron Faraday o Einstein, no es viable. En la actualidad, el llamado modelo estándar de las partículas subatómicas ha permitido relacionar las fuerzas nucleares con las electromagnéticas, pero incluir la gravedad en el esquema sigue siendo un sueño.

Podría darse en el marco de la teoría de supercuer-



Michael Faraday encontró una relación entre electricidad y magnetismo.

das "que ahora se llama de branas", pero, por ahora, se trata sólo de una construcción matemática sin una relación evidente con el mundo real. En todo caso, esta teoría sería lo más cercano a lo que Einstein buscaba, pero seguramente no es lo que Faraday tenía en mente.