

Entendiendo a los organismos genéticamente modificados

¡Hola! Mi nombre es Ernesto Osuna, profesor de ciencias en la Universidad Tecmilenio. Estamos dentro del parque La Huasteca ubicado en Nuevo León, México y junto con mis estudiantes estamos preparándonos para hacer un proyecto de investigación. Estamos muestreando.

En esta lección sabrás cómo los organismos modificados genéticamente (conocidos como OGM's) funcionan, así como el uso que se les da en la vida real. También aprenderás cómo se construyen. Que disfrutes la lección.

Antes, estamos disfrutando de comer una de las grandes aportaciones que México ha hecho al mundo, ¡el maíz! Que, en esta presentación, como la estamos viendo ahora, se le conoce como elote. Palabra del nahuátl "elotl", que significa "mazorca tierna.

El maíz fue domesticado hace aproximadamente 9,000 años en el sur de México. Fue tan importante para las culturas mesoamericanas que en la mitología maya se dice que los primeros hombres fueron hechos por los dioses a partir del maíz. Hoy en día, es uno de los cereales, junto con el trigo y el arroz, que se hacen con mayor volumen de producción a nivel

Understanding Genetically Modified Organisms

Hi! My name is Ernesto Osuna. I am a science professor at Universidad Tecmilenio. We are in La Huasteca park, located in Nuevo León, México. Along with my students, we are getting ready to do a research project, we are collecting samples.

In this lesson, you'll see how genetically modified organisms (known as GMO) work, as well as their use in real life. You'll also learn how they are constructed. Enjoy this lesson!

Before getting to work, we are enjoying one of the biggest contributions of Mexico to the world: Corn! In this presentation, we refer to it as elote, which comes from the Nahuatl word elotl, which means "tender corn cob".

Maize was domesticated about 9,000 years ago in the south of Mexico. It was so important for Mesoamerican cultures, that Mayan mythology says that the gods made the first people out of corn. Nowadays, along with wheat and rice, it is one of the cereals with the widest production volume worldwide.

<p>mundial.</p> <p>En México es común comer elote hervido o asado, y preparado con diferentes condimentos. Sin importar la edad, prácticamente todo el país lo disfruta, ¿o no chicos? ¿Qué les parece?</p> <p>Estudiante 1: Muy bueno.</p> <p>Estudiante 2: La verdad podría comerlo todos los días.</p> <p>Estudiante 1: Es increíble la buena suerte que tuvieron los antiguos mexicanos al descubrir el elote.</p> <p>Estudiante 2: Apuesto que supieron que era algo importante cuando vieron las plantas de maíz tan grandes y llamativas desde lejos.</p> <p>Maestro: De hecho, no tanto, en aquellas épocas, hace unos 9,000 años, las plantas no eran iguales a lo que tenemos hoy en día. El maíz es uno de los cultivos que más ha cambiado gracias a técnicas de entrecruzamiento, la mazorca solía ser chica y de granos muy duros, no se podía comer así. Pero se ha cambiado hasta lo que tenemos hoy gracias a distintas técnicas genéticas</p> <p>Actualmente, éste se modifica de forma más directa con técnicas de DNA recombinante, de hecho su genoma se modifica directamente convirtiendo a este cultivo en un OGM, como los que mencioné al inicio</p> <p>(Los alumnos pasan de tener una cara de contentos a cara de</p>	<p>In Mexico, it is common to eat boiled or roasted corn, prepared with a variety of condiments, as an appetizer. Regardless of the age, basically, the whole country enjoys it. Doesn't it? What do you think?</p> <p>Student 1: Very good.</p> <p>Student 2: I could eat this appetizer every day.</p> <p>Student 1: Ancient Mexicans were very lucky to discover corn.</p> <p>Student 2: I bet they knew it was important when they saw the big and striking corn plants from afar!</p> <p>Teacher: Well, in fact, plants from 9,000 years ago were not as the ones we have nowadays. In fact, corn is one of the crops that has changed the most, due to genetic cross-linking techniques. Maize cobs used to be small and they had hard grains, so it was very difficult to eat it. But it has changed until getting what we know today, thanks several genetic techniques.</p> <p>Nowadays, corn is still modified in a more direct way with recombinant DNA techniques. In fact, its genome is directly modified, turning this crop into a GMO, such as those mentioned at the beginning.</p> <p>(Students' faces change from showing happiness to show dislike, and they stop eating.)</p>
---	--

<p>desagrado y dejan de comer.)</p> <p>-Estudiante 1 (haciendo una cara sorprendida): ¡¿Qué?! ¿Estoy comiendo un OGM? (Hace una pausa.) Y, ¿podría afectarme?</p> <p>-Estudiante 2: No, no te va a pasar nada, ¿o sí, maestro?</p> <p>-Maestro: No, claro que no, los OGM realmente son muy seguros. No son tan distintos a aquellas versiones del maíz que se obtenían por selección y genética clásica, solamente que ahora la modificación se hace más directa y no hay barreras de especie, es decir, podemos utilizar el genoma de otros organismos para modificar el del maíz, pero sigue siendo ADN. Aunque debo decir que tu reacción no es tan sorprendente para mí. A nivel mundial, las personas tienden a ser temerosas de los OGMs, especialmente cuando la información es tan abundante y es difícil saber cuáles datos son correctos o reales. Afortunadamente, hoy podrás clarificar esas dudas</p> <p>¿Ustedes saben cómo se modifica genéticamente un organismo? Verán, la modificación del ADN de organismos de interés no comprende técnicas nuevas, de hecho, la humanidad lo ha hecho desde hace mucho tiempo.</p> <p>Entonces, ¿cómo ha desarrollado la humanidad estas técnicas? A continuación, entraremos en la actividad 1, donde podrán descubrir esto para que sepan de qué estoy</p>	<p>-Student 1: (with a surprised look): What!? Am I eating a GMO? (Pause) ... and, could it affect me?</p> <p>-Student 2: No, nothing is going to happen to you, right Professor?</p> <p>Teacher: No, of course not. GMO's are very safe. They are not very different from the versions of corn that were obtained by selection and classical genetics. It is just that nowadays, selection is done more directly and there are no species barriers. That is, we can use other organisms' genome to modify corn, but it is still the DNA. Although, I must say your reaction is not that surprising to me. Worldwide, people tend to be afraid of GMO, especially when information is abundant and it gets difficult to know if the data found are correct or even true. Fortunately, today you will be able to clarify those doubts.</p> <p>Do you know how an organism is genetically modified? Let's, modifying the DNA of organisms of interest does not involve new techniques, in fact, humanity has been doing that for a long time.</p> <p>So, how has humanity developed these techniques? Now, let's explore the activity 1 to find out what I'm talking about. Team up with your classmates and work together with your teacher. I'll see you in a while.</p>
--	--

hablando. Formen equipos con tus compañeros y trabajen junto con tu maestro. Nos veremos más tarde

- Maestro: ¿Qué tal estuvo?

¿Notaron que las plantas naturalmente poseen características deseables para nosotros, pero en organismos separados? Desde hace miles de años la humanidad ha aprendido a observar rasgos en plantas y las ha domesticado para satisfacer nuestras necesidades. Aunque no lo crean, esta era una forma de modificar genéticamente, de forma indirecta, a los organismos: se les aplicaba selección y entrecruzamiento. Pero observaron lo mismo que ustedes: todo es una probabilidad. Sólo por cruzar un organismo con otro organismo no significa que el resultado tendrá todas las características de ambos. Se trata un poco de probabilidad y de suerte.

-Estudiante 2: Lo que estás diciendo es que, por ejemplo, este elote de aquí llegó a como está por entrecruzas, ¿verdad?

-Estudiante 1: Maestro y, ¿cómo se modifica el ADN mediante cruza? ¿Qué tiene que ver el ADN con todo esto?

-Maestro: Cuando realizas una cruza, el DNA de ambos organismos o padres se mezcla de forma aleatoria. El resultado de la cruza es la descendencia que obtiene genes de ambos. Los cuadros de Punnett son una forma gráfica de entender

-Teacher: How was the activity? Did you notice that plants do naturally have desirable traits for us, but they are present on separate organisms? For thousands of years, humanity has learned to observe traits in plants and has been domesticating them to satisfy our needs. Believe it or not, this was a form to indirectly modify the organisms in a genetic way: By selection and cross-breeding. But they observed what you just did: Everything is a probability. Cross-breeding an organism with another does not mean you can get all of their traits, it also involves the odds and a little luck.

- Student 2: So you are saying that this corn, for example, became what it is because of cross-breeding, right?

-Student 1: Professor, how is DNA modified with cross-breeding? What does DNA have to do with all of this?

-Professor: When you make a cross-breeding, the DNA of both organisms, or parents, is randomly mixed, the result of the cross-breeding is the seed that obtains both parents genes. Punnett squares are a graphic way to understand this process in a simpler and probabilistic way. We

este proceso de manera más simple y probabilística. Asignamos caracteres a los genes para visualizarlos mejor.

-Maestro: Ahora bien, para ayudarte a comprender este uso de cuadros, necesitamos estudiar el concepto de GEN (aparece un gráfico con la palabra y una explicación en gráfico).

El gen es la unidad básica de la herencia. Las características fenotípicas de un organismo, es decir, su funcionamiento, apariencia, etc. están codificadas en los genes. Y estos genes se encuentran en el ADN de las células, dentro del núcleo. Este ADN está empaquetado en cromosomas.

Actividad: Activity:
Los genes, siendo responsables de las características fenotípicas de los organismos, son quienes reciben la mayor parte de modificaciones de interés, pero, ¿cómo es un gen? ¿Dónde se modifica? Y, más importante aún, ¿qué efectos tienen esas modificaciones? A continuación, en la actividad 2, encontrarás las respuestas a estas preguntas. Reúnete con tus compañeros y trabaja con tu profesor. Avancemos y nos veremos después.

Maestro: ¿Observaron cómo en la naturaleza existen estructuras definidas hasta en moléculas individuales? Este orden puede ser aprovechado por nosotros a través de ingeniería. Si tú tienes un switch

assigned characters to the genes to visualize them better.

-Teacher: Then, to help you to understand how these squares are used, we need to study the concept of a gene (an image with the word and its graphic explanation appears).

A gene is the basic unit of heredity. Phenotypic characteristics of an organism (their function, appearance, etc.) are codified in genes. These genes are found in the DNA of cells, inside the nucleus. This ADN is packaged in chromosomes.

Genes are responsible for the phenotypic characteristics of organisms; they receive most of the modifications of interest. But, what is a gene? Where is a gene modified? And, even more importantly, what are the effects of these modifications? On activity 2 you will find the answers to these questions. Gather with your classmates and work with your teacher. Let's move on, I'll see you later!

Teacher: Did you see how nature has defined structures even on individual molecules? We can take advantage of this, by means of engineering. If you have both an on and off switch to control a specific zone, you can make very interesting combinations. In addition, with simple modifications, we can

<p>de inicio y uno de apagado que controlan una zona específica, tú puedes hacer combinaciones muy interesantes. Además, con modificaciones puntuales podemos determinar cómo se modifica la zona de un gen, todavía estamos refinando las técnicas para lograr esto.</p> <p>Estudiante 1: No sabía cómo funcionaban los genes o como estaban estructurados. Y menos que podíamos modificarlos.</p> <p>Maestro: Y no solamente se pueden modificar, sino que, dependiendo de la modificación es el resultado. Como humanos solíamos hacer esto de forma aleatoria, desde hace muchos años, pero desde el surgimiento de la genética y el descubrimiento de los genes hemos ido refinando nuestras habilidades de modificación. Acabas de aprender que los genes eucariotas tienen una estructura muy especial, la cual afortunadamente, como humanidad, hemos aprendido a modificar. Esta información es esencial para diseñar OGM's, no porque solamente puedes decidir cómo o donde modificar el ADN, sino también puedes anticipar el efecto de tales modificaciones</p> <p>GRAFICO: Como viste, el gen tiene tres partes: el promotor, la región codificante y el terminador. Si se realizan mutaciones en el promotor o el terminador, puede afectar cómo se expresa el gen. Es decir, se modifica la expresión del gen o,</p>	<p>determine how a gene's zone is modified. But we are still refining these techniques to do so.</p> <p>Student 1: I did not know how genes worked, or how they were structured, and even less that you could modify them.</p> <p>Teacher: And not only can they be modified, but also, the result depends on the modification. Humans have done this randomly for a long time but, since the emergence of genetics and the discovery of genes, we have refined our abilities to modify genes. You have just learned that the eukaryote genes have a very special structure, which fortunately, we as humans have learned how to modify. This information is essential to design GMO, not only due to your ability to decide how or where to modify DNA, but also due to your ability to anticipate the effect of such modifications.</p> <p>GRAPHICS: As you saw, the gene has three parts: The promoter, the coding region, and the terminator. If there are mutations in the promoter or the terminator, they can affect the way the gene is expressed. That is, the expression of the gene is modified; in other words, how much is that particular getting activated. This would modify the quantity of the encoded protein or the timing in which it is expressed, but it would certainly not have any effect on the</p>
--	---

dicho de otra forma, qué tanto se activa dicho gen. Esto modificaría la abundancia de la proteína que codifique o el tiempo en que se exprese, pero no la función propia de la proteína. Por el otro lado, si existen mutaciones en la región codificante, la función de la proteína puede estar disminuida, completamente perdida o adquirir funciones nuevas, dependiendo de la proteína. Introducir un codón de término en medio de la secuencia suele ser la mutación con efectos más fuertes, puesto que acaba completamente con la funcionalidad.

Maestro: Ahora que ya conocen la estructura y funcionalidad de un gen, procedan a conocer cómo funcionan los OGMS. Verán, un OGM siempre se desarrolla para cumplir una función en específico, ya sea de necesidades geográficas, biológicas o de otra índole. Por lo general, se utilizan para resolver problemáticas que les impidan crecer o desarrollarse de forma normal. Por ejemplo, si llegas a una zona muy desértica o con mucha sequía, desarrollarás un OGM que pueda crecer con poca agua o que no le importe que exista mucha salinidad.

Estudiante 1: Entonces, los OGMs son desarrollados con propósitos prácticos. No solamente son creados por mera curiosidad o para observar el comportamiento de transgenes.

Estudiante 2: Es por eso que a

function of the protein. On the other hand, if there are mutations in the codifying region, the function of the protein can be diminished, completely lost, or it can acquire new functions, depending on the protein. Inserting a termination codon halfway through the sequence tends to be the mutation with the strongest effects, because it completely ends with the functionality.

Teacher: Now that you know about the structure and functionality of a gene, you need to learn how GMO are used! Let's see, a GMO is always developed in order to carry out a specific function, dealing with environmental, geographic, biological needs, and others. Generally, they are used to solve problems that would prevent them to grow and develop normally. For instance, if you arrive at a desert area or an area affected by draught, you will try to grow a GMO that can grow with little water, or that is not affected by a lot of salinity.

Student 1: Then, GMO are developed for particular purposes. They are not created just for mere curiosity or to observe the behavior of transgenes.

Student 2: That is why we can sometimes have the mistaken idea that GMO are not produced to solve needs, but just as general agricultural products.

veces podemos tener esa idea equivocada de que los OGMs no son producidos para dar solución a necesidades, sino como productos agrícolas generales.

Maestro: Tienes un punto muy importante, ambos lo tienen. Verán, los avances en la ciencia siempre deben ir en pro al beneficio de la humanidad y los OGMs no son la excepción.

Actividad:

En esta actividad veremos cómo realizar construcciones de genes a un nivel macro, enfocándonos a enfrentar problemáticas en zonas geográficas específicas. Todos estos datos son reales y están basados en situaciones difíciles que enfrentan las personas en estas áreas del mundo. Utiliza tu ingenio y lo que has aprendido para diseñar estrategias que pudieran contrarrestar estos entornos. Regresaremos cuando hayas terminado. ¡Diviértete!

Maestro: ¿Qué les pareció? La ingeniería genética detrás de los OGMs es muy interesante y algo complicada, ¿no es así? Las posibles construcciones que pueden hacer están limitadas por el conocimiento de secuencias nucleotídicas y por la utilidad de las mismas. Es decir, la existencia de cualquier OGM estará reinada por su utilidad en el campo y los beneficios que pueda brindar. No es práctico ni útil generar OGMs que no tendrán aplicación. Entonces, es tiempo de definir algo

Teacher: Both of you got very important ideas. Now, advancements in science should always be in the service and benefit of humanity, and GMO are not an exception.

Activity

In the next activity we will see how to make gene constructions at a macro level, focusing on dealing with specific problems in specific geographic areas. All these data are real, and are based on current difficult situations that people in these areas of the world are confronting. Use your ingenuity and what you have learned to design strategies that could counter these environments. I will return when you are finished. Have fun!

Teacher: What do you think? Genetic engineering behind GMO is very interesting and somewhat complicated, right? The possible constructions you can make are limited by the knowledge of nucleotide sequences and by their usefulness. That is to say, that the existence of any GMO will be ruled by its usefulness in the field and by the benefits it can bring. It is neither practical nor useful to generate GMO that will have no application. So, it's time to define something very important: GMO is not the same as transgenic. As you noticed, if you employ an organism's own DNA without using external sources from other organisms, then you cannot consider this as transgenic. A transgenic can only be

muy importante: OGM no es lo mismo que transgénico. Como habrás notado, si tú empleas el mismo ADN de un organismo, es decir, su propio ADN sin usar fuentes externas de otros organismos, no podrías considerar a éste como transgénico. Un transgénico solamente puede ser considerado como tal cuando el ADN de una especie se inserta en otra distinta.

Imagínense generar un maíz como el elote que te comiste, pero que tenga algún gen de mamífero. ¿Para qué? ¿Cuál sería la utilidad? Cada caso debe ser analizado de forma individual y con mucho rigor científico

GRAFICO: En la década de los 80-90, los cultivos de papaya sufrían pérdidas millonarias a causa del virus de la mancha anular (ringspot virus). Pero fue en 1995 cuando se generaron dos variantes genéticamente modificadas, llamadas Rainbow y SunUp, que prácticamente pudieron salvar todos los cultivos hawaianos de papaya.

Muy bien chicos, ¿qué les pareció la exploración y el muestreo en el parque La Huasteca?

ESTUDIANTE 1: Muy interesante maestro.

ESTUDIANTE 2: Aprendimos mucho.

Maestro: Además, aprendieron a diferenciar OGM de transgénico, ¿no es así? Ya vieron que no es lo mismo. Si un organismo se modifica su propio ADN sin agregar

considered as such when DNA from one species is inserted on another.

Imagine generating maize, just like the corn you just ate, but that it has some gene of a mammal. What is it for? What would it useful for? Each case should be analyzed individually and with much scientific rigor.

GRAPHICS: In the 80's and 90's, the papaya crops were suffering million dollar losses due to the ringspot virus. But in 1995, two genetically modified variants were generated, called "Rainbow" and "SunUp," which practically saved all the Hawaiian papaya crops.

Alright, what do you think about the exploration and sampling on La Huasteca?

Student 1: It was very interesting.

Student 2: We learned a lot.

Teacher: You were also able to differentiate GMO from transgenic organisms, right? You have seen that they are not the same. If an organism modifies its own DNA without adding external sequences, it is not considered as a transgenic. It is important to know this and to make objective judgements when talking about these sensitive topics, as they are very important topics worldwide.

<p>secuencias ajenas, no se considera transgénico. Es importante conocer esto y realizar juicios ciertamente objetivos cuando se traten estos temas tan delicados, pero importantes a nivel mundial.</p> <p>Estudiante 1: Básicamente, un OGM es un organismo de interés comercial, al cual se le modifica su ADN para hacerlo más productivo, que crezca donde no podía, etc. O sea, darle alguna característica inusual que lo hace más deseable.</p> <p>Estudiante 2: Creo que les diré a todos los que conozco que aprendan a diferenciar OGM de transgénico; es conveniente saber. Y también que están hechos para beneficiarnos y no nos hacen daño.</p> <p>Maestro: ¡Es correcto! (Voltea a ver a la cámara.) Y, ¿tú? Ahora que sabes más, ¿piensas igual que antes? Nunca olvides que los OGMs se desarrollaron para estar al servicio de nosotros y la naturaleza, no para perjudicarnos.</p> <p>Espero que les haya gustado esta lección y hasta la próxima.</p>	<p>Student 1: Basically, a GMO is an organism of commercial interest, whose DNA has been modified to make it more productive, to grow up where it previously could not, etc. That is, to give it some unusual characteristic that makes it more desirable.</p> <p>Student 2: I think I'll tell everyone I know to learn about the difference between a GMO and a transgenic, it's something useful to know. It is also good to know that they are made to benefit us, not to harm us.</p> <p>I hope you liked this lesson, see you later!</p>
---	--

<p>Segmento de guía para el profesor</p> <p>Hola maestro: Esta lección es acerca de OGMs, cómo se producen y la ciencia detrás de ellos. Los estudiantes entenderán más acerca de entrecruzamiento genético clásico y</p>	<p>Hello teacher, This lesson is about GMO, the way they are produced and the science behind them. Students will understand more about classic genetic cross-breeding and Punnett's squares. Then,</p>
---	---

cuadros de Punnett. Luego, se desarrollarán técnicas modernas de biología molecular para identificar ADN. El objetivo final es entender más acerca de OGMs, cómo existen diferentes tipos de ellos y cómo cada uno es distinto de otro. Entendimiento básico de biología molecular y genética es requerido. Por ejemplo, es necesario conocer el dogma central de la biología molecular (ADN a ARN y ARN a proteínas).

La primera actividad trata sobre las primeras estrategias que usaba la humanidad para obtener variedades de organismos que fueran de utilidad. Esto se considera como el inicio de la modificación genética, pero a través de selección y entrecruzamiento.

Conforme se avanzó en el conocimiento de genética, surgieron los cuadros de Punnett. Estos servían para predecir la probabilidad de heredar caracteres de interés a la descendencia.

En el primer cuadro la probabilidad es de 50% y en el segundo de 25%. En la parte de arriba están colocados los alelos que se busca para llegar al carácter en cuestión: Bb para fruto dulce y AA para mayor cantidad.

La actividad 2 consiste en aprender, inicialmente, la estructura básica del código genético y sus mutaciones. En dicha actividad, deberá hacer varias combinaciones de aminoácidos, dependiendo de las mutaciones que realice sobre la secuencia que se le brinda. Te

they will develop modern technologies on molecular biology to identify the DNA. The final goal is to understand more about the GMO, their different types and the differences among them. Students are required to have a basic knowledge of molecular and genetic biology. For example, it is necessary to know the central tenet of molecular biology (DNA to RNA, and RNA to proteins).

The first activity is about the first strategies that humankind used to obtain varieties of organisms that were useful. This is considered as the beginning of genetic modification, but through selection and cross-breeding. As the knowledge in genetics advanced, Punnett squares surged. They were useful when predicting the probability of inheriting characteristics of interest to offspring.

In the first square, probability is 50% and in the second one it is 25%. The alleles that are sought to obtain the characteristic of interest are placed on the top: Bb for sweet fruit and AA for more quantity.

Activity 2 consists in learning the basic structure of the genetic code and its mutations. In this activity, several combinations of amino acids should be made, depending on the mutations done on the sequence provided. We suggest that, at all times, you remind them that the

<p>sugerimos que en todo momento les recuerdes que el código genético funciona a modo de codones, es decir, en grupos de tres.</p> <p>La segunda parte consiste en la modificación completa de genes. Para esto, los estudiantes deben tener un conocimiento base de lo que es un gen. Sabiendo eso, se puede proceder a explicarles las secciones del mismo. Las analogías son muy poderosas, por ejemplo, explicar que el promotor es el botón de encendido del gen y que éste puede ser sensible al medio ambiente.</p> <p>La última sección tiene, como objetivo, poner sus conocimientos en práctica con situaciones de la vida real. Deben decidir una construcción genética para ser usada en cada cultivo, así como el lugar geográfico donde distribuirían dicho cultivo. Recálcales cómo un OGM debe ser analizado caso por caso y no es objetivo científico, comercial ni social plantarlos por todos lados. Cada país tiene necesidades y éstas pueden ser cubiertas con OGMs.</p> <p>Para trabajar, necesitas tener impreso el apéndice que te otorgamos. De ser posible, proyecta el mapa de los cultivos a todo el salón para que pueda apreciarse mejor. Se requiere que los alumnos tengan conocimientos básicos de lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ADN - Proteínas - Dogma central de la biología 	<p>genetic code works in codons, that is to say, in groups of three.</p> <p>The second part focuses on the complete modification of genes. For this, students must have a basic knowledge of what a gene is. Once they know this, you can proceed to explain the sections of it. Analogies are very powerful, for example, explaining that the promoter is the 'on' button of the gene, and that this can be sensitive to the environment.</p> <p>The objective of the last section is to apply their knowledge into real life situations. They must decide upon a genetic construction to be used for each crop, as well as the geographical location where they would distribute each crop. Remind them that a GMO should be analyzed on a case-by-case basis, and it is not a scientific, commercial or social objective to simply be planted everywhere. Each country has needs, and these can be addressed with GMO.</p> <p>To work you need to have a printed copy of the appendix we are providing you with. If possible, project the crop map for the whole class, so that it can be easily viewed. Students are required to have the basic knowledge of the following:</p> <ul style="list-style-type: none"> - DNA - Proteins - Central tenet of molecular biology - Cell biology
---	---

molecular

- Biología celular

Asimismo, debes estar preparado para responder algunas preguntas que puedan surgir sobre estructura básica de genes. Algunos puntos básicos:

- El promotor es el botón de encendido/apagado**
- Un codón codifica para un aminoácido. Esto se lleva a cabo afuera del núcleo**
- Los codones de término tampoco codifican para aminoácidos**

En todo momento mantén una postura fija sobre los OGMs, cuando un estudiante comente que causan cáncer, responde: "No existen evidencias que lo demuestren". Es la forma más científica que podrías usar.

Estas actividades son muy novedosas y el tema que tratan es ciertamente un poco controversial. Por lo mismo, será muy positivo para el grupo llevarlas a cabo.

Muchas gracias maestro, por tomar esta lección. ¡Mucho éxito! Y si tiene alguna duda, puede contactarme al correo luis.osuna@tecmilenio.mx. Gracias, y nos vemos hasta la próxima.

As well, you must be prepared to answer some questions that may arise about the basic gene structure. Some basic points:

- The promoter is the on/off switch of genes and does not code for proteins.**
- A codon encodes for an amino acid. This takes place outside the nucleus.**
- Stop codons do not encode for amino acids either.**

At all times, maintain an unwavering attitude on GMO, when a student comments that they cause cancer, answer as follows: "There is no evidence to prove it." It's the most scientific answer you could give.

These activities are very new and the topic they deal with is certainly a bit controversial. For that reason, it will be very positive for the group to carry them out.

Thanks for taking this lesson, teacher. Good luck! If you have any question, please contact me via email luis.osuna@tecmilenio.mx. Thanks, see you next time.
