

UNIVERSIDAD DE ALMERIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE MÁSTER



**Máster en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y
Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas.**

Curso académico: 2016/2017

Transgénicos. Aprendizaje de una controversia sociocientífica

Nombre del Director/a: María Martínez Chico

**Biología y Geología
Alba García Martínez**

INDICE

Resumen	4
1. Fundamentación	1
1.1. Revisión de currículum	1
1.2. La competencia científica. ¿Cómo enseñar ciencias para favorecerla?	2
1.3. La importancia de las concepciones alternativas. El aprendizaje desde una visión constructivista.	2
1.4. Enfoque de enseñanza basado en la indagación.....	3
1.5. ¿Por qué transgénicos? Una controversia sociocientífica.....	5
2. Dificultades en el aprendizaje de Biotecnología y Genética.....	7
3. Propuesta Didáctica para el aula.....	9
3.1. Objetivos.....	9
3.2. Descripción de la secuencia	9
4. Evaluación de la secuencia	20
5. Propuesta de mejora	24
6. Conclusiones.....	27
7. Reflexión.....	27
Bibliografía.....	28

Resumen

“Un alimento transgénico es aquel que ha sido producido mediante ingeniería genética a partir de un organismo modificado, al que se le han incorporado genes de otro organismo para producir las características deseadas” (Wikipedia)

En nuestra sociedad actual estamos siendo continuamente bombardeados con información acerca de alimentos transgénicos, de sus diferencias con los alimentos convencionales, pero ¿realmente sabemos lo que es un organismo genéticamente modificado (OMG) o un alimento transgénico y cuáles son sus características concretas?

En este trabajo se presenta una propuesta didáctica basada en un enfoque de indagación para tratar una controversia sociocientífica en el aula.

He elegido tratar una controversia sociocientífica ya que creo que con la enseñanza tradicional, que aún encontramos en muchas de nuestras aulas, estos temas quedan fuera del alcance de nuestros alumnos, aunque luego en la sociedad se encuentran en su día a día en contacto con ellos. Por ello creí importante trabajarla y acercarles información y conocimientos de este contenido a partir de un enfoque de indagación, por el cual ellos han sido los protagonistas de su aprendizaje.

La propuesta está diseñada para 4º ESO en la asignatura de Biología y Geología, curso en el que la implemente y evalúe. Pero al ser una propuesta flexible, considero que puede utilizarse como punto de partida para muchos temas que se encuentran en cualquier asignatura de ciencias.

Este trabajo comenzará con la fundamentación de la propuesta presentada, la descripción de la misma, implementación y evaluación y finalmente una propuesta de mejora.

1. Fundamentación

1.1. Revisión de currículum

El punto de partida de una propuesta didáctica debe ser la revisión del currículum, en mi caso concreto, la clase a la que iba a estar dirigida la propuesta fue 4º de la ESO. El Real decreto de 4º ESO se divide en 4 grandes bloques:

Bloque 1. La evolución de la vida

Bloque 2. La dinámica de la Tierra

Bloque 3. Ecología y Medio Ambiente

Bloque 4. Proyecto de investigación

Dentro de estos grandes bloques mi propuesta se ubica en el Bloque 1. La evolución de la vida.

“Bloque 1. La evolución de la vida.

La célula. Ciclo celular. Los ácidos nucleicos. ADN y Genética molecular. Proceso de replicación del ADN. Concepto de gen. Expresión de la información genética. Código genético. Mutaciones. Relaciones con la evolución. La herencia y transmisión de caracteres. Introducción y desarrollo de las Leyes de Mendel. Base cromosómica de las leyes de Mendel. Aplicaciones de las leyes de Mendel. Ingeniería Genética: técnicas y aplicaciones. Biotecnología. Bioética. Origen y evolución de los seres vivos. Hipótesis sobre el origen de la vida en la Tierra. Teorías de la evolución. El hecho y los mecanismos de la evolución. La evolución humana: proceso de hominización.” (MEC, 2014).

Dentro de este opté por las aplicaciones de las leyes de Mendel. Ingeniería Genética: técnicas y aplicaciones, Biotecnología y Bioética, en los cuales uno de los criterios de evaluación:

- Reconocer las aplicaciones de la Ingeniería Genética: OMG (organismos modificados genéticamente). CMCT (Competencia matemática y competencia básica en ciencias y tecnología).

En este criterio de evaluación he basado mi propuesta didáctica, la cual se caracteriza por tener una visión constructivista del aprendizaje en la que se favorece el desarrollo de la competencia científica a través de una controversia sociocientífica.

1.2. La competencia científica. ¿Cómo enseñar ciencias para favorecerla?

El siguiente elemento para considerar en la enseñanza actual, está relacionado con las competencias. De manera general las competencias son el conjunto de conceptos, destrezas y valores que el alumnado pone en marcha al aplicar de forma integrada los contenidos propios de cada enseñanza y etapa educativa (MEC, 2014).

Entre las competencias básicas definidas para 4º ESO, se encuentra la competencia científica. La cual está relacionada no sólo con la construcción de conocimientos conceptuales, sino también con la comprobación de ideas, predicción de sucesos, planteamientos de hipótesis y argumentación.

No siempre es fácil trasladar todos estos aspectos al aula, pero lo que es indiscutible es que el método tradicional de enseñanza no consigue promover el desarrollo de los requisitos esenciales de las competencias básicas. Por lo que es necesario tener de base estas necesidades para poder presentar una propuesta didáctica que sea coherente con los requerimientos establecidos.

1.3. La importancia de las concepciones alternativas. El aprendizaje desde una visión constructivista.

A finales de la década de los sesenta surge una línea de investigación en el campo de la didáctica de las ciencias en la que se propone el estudio de las ideas o concepciones sobre cuestiones científicas de los alumnos. Estas ideas son llamadas concepciones alternativas, ideas previas, y en ocasiones también errores conceptuales, aunque no deben entenderse como tales, sino una forma propia de “mirar” estos fenómenos con la que se construye un conocimiento cotidiano. Es por ello que numerosos trabajos se han centrado en detectar las ideas que los alumnos utilizan espontáneamente para enfrentarse a los problemas o fenómenos científicos. (Pintó, R, Aliberas, J y Gómez, 1996).

Aunque las concepciones previas de nuestros alumnos, en algún momento probablemente tengan que cambiar, cuando tengan que enfrentarse a nuevas situaciones, son ideas que han trabajado por sí mismos las que tienen sentido para ellos en ese momento (Fibonacci, 2010).

La existencia de estas ideas alternativas hace imposible que la enseñanza pueda basarse en una simple transmisión de la información por parte del profesor a los alumnos. Además varios estudios exponen la dificultad que supone por parte de los alumnos abandonar las ideas propias acerca del mundo que les rodea.

Por esta misma razón la finalidad de la enseñanza de las ciencias ha de tratar de impulsar un aprendizaje constructivista con el cual los alumnos tengan la oportunidad de construir sus propias ideas, cambiando progresivamente las suyas previas. Por ello presento una propuesta basada en la enseñanza por indagación.

1.4. Enfoque de enseñanza basado en la indagación.

La indagación fue presentada por primera vez en 1910 por John Dewey, en respuesta a que el aprendizaje de la ciencia consistía en una acumulación de conceptos y dejaba de lado el desarrollo de actitudes y habilidades necesarias para la ciencia (Reyes-Cárdenas y Padilla, 2012).

No es fácil definir qué es la indagación aplicada en la enseñanza de la ciencia, por lo que Dewey hizo algunas recomendaciones que deben estar incluidas cuando se lleva a cabo este enfoque en el aula.

- Se debe partir de alguna experiencia actual y real para el niño.
- Se debe identificar un problema o dificultad suscitados a partir de esa experiencia.
- Se deben inspeccionar los datos disponibles o dificultados suscitados a partir de esa experiencia.
- Se deben inspeccionar los datos disponibles, así como generar búsqueda de soluciones posibles
- Se deben formular hipótesis
- Se deben comprobar las hipótesis. (Reyes-Cárdenas y Padilla, 2012).

Hay muchos estudios que muestran que los estudiantes a la hora de enfrentarse a algo nuevo, tratan de darle sentido usando ideas formadas a partir de experiencias anteriores. Con la indagación lo que se pretende es que esa idea previa sea el punto de partida del proceso de aprendizaje, la cual se utilizará como predicción para luego más tarde ser comprobada, viendo si las pruebas de la nueva experiencia están de acuerdo con lo que se predecía (Fibonacci, 2010)

El enfoque de enseñanza basado en la investigación, además de ser coherente con la idea de cómo aprenden ciencias los alumnos, promueve un aprendizaje efectivo. Como sabemos el mundo en el que vivimos cambia constantemente, en concreto en el

ámbito científico en el que ritmo de cambio es si cabe aún mayor. Por lo que los estudiantes necesitan saber cómo enfrentarse a nuevos conceptos y experiencias. El aprendizaje basado en indagación puede hacer que los alumnos desarrollen habilidades que les permitan elaborar ideas ampliamente aplicables a diferentes fenómenos o situaciones (Fibonacci, 2010).

Es muy importante que en el proceso de aprendizaje la reflexión y el tiempo para pensar, para que tomen conciencia de las ideas que tienen, enfrentarse a ellas y así comenzar con el cambio, que estará siempre enfocado a desarrollar el pensamiento científico.

El objetivo de la enseñanza moderna y de aprendizaje basado en indagación, requieren que el alumno a la hora de aprender se vuelva más autónomo. Para ello los profesores deben desarrollar nuevas interacciones con los alumnos y tengan la confianza de dejar que ellos desarrollen sus propias ideas (Harlen y AIP, 2009). En el caso concreto del enfoque por indagación está centrado en saber cómo aprenden los alumnos ciencias naturales, cómo funciona la investigación científica y cuál es el contenido básico que hay que aprender (Worth, Duque y Saltiel, 2009).

Otro de los puntos más importantes de la indagación en ciencias es el proceso de alfabetización de los jóvenes en ciencias. Sabemos que muchos de nuestros alumnos tienen arraigados puntos de vista erróneos sobre muchos fenómenos científicos que no pueden ser abandonados fácilmente. Por esta razón como he comentado antes, este enfoque permite a los alumnos comprobar la validez de sus ideas en situaciones reales. Los alumnos van a construir su conocimiento poniendo a prueba en todo momento sus ideas e ir conociendo la naturaleza de la investigación científica.

El enfoque de enseñanza de las ciencias por indagación permite a los alumnos apreciar cómo funciona la ciencia. Se basa en construir nuevos conocimientos a partir de comprobar con datos y con la experiencia sus ideas, y que finalmente estos datos válidos y fiables sobre el mundo que nos rodea pueden ser útiles para establecer unas conclusiones que sean compartidas con el resto de la comunidad de aula. La indagación permite que los alumnos reconozcan los procesos que siguen los científicos y que además consigan reconocer que el conocimiento científico es provisional y está en constante cambio, es decir, que construyan una visión de la ciencia “más real”.

Además de este enfoque de enseñanza he elegido como punto de partida una controversia sociocientífica de un tema actual con el que creo que los alumnos se involucrarán y sentirán cercano este contenido.

1.5. ¿Por qué transgénicos? Una controversia sociocientífica.

En los últimos años el desarrollo de ramas de la biología como son la Biología Molecular, Ingeniería Genética y la Genómica ha sufrido un rápido desarrollo, lo que está provocando cambios en la sociedad muy rápidos que tienen implicaciones tanto económicas, como éticas y sociales. Nuestros jóvenes están rodeados de noticias relacionadas con estos temas que cada vez son más comunes y cotidianos, sobre lo que no conocemos lo que opinan o los conocimientos que tienen (Gallego-Abril, 2010).

Los transgénicos o biotecnología de los alimentos, como han demostrado varios artículos (Muñoz, 1997, 2001) Muñoz y otros, 2005), es un tema realmente complejo para la sociedad. En la encuesta realizada por Muñoz y otros (2005) se pone de manifiesto esta complejidad, en la que además la sociedad puede adoptar dos posturas diferentes.

En esta encuesta encontramos preguntas como *“¿Compraría usted un producto transgénico?”* El porcentaje de No sabe/No contesta fue de un 9.8%, 19% si, 55,8% no y 15.5% algunos sí otros no.

En las siguientes preguntas en las que se quisieron medir la percepción que tiene la sociedad sobre características determinadas de los alimentos transgénicos y sus efectos generales sobre el medio ambiente y la salud el porcentaje de No sabe/No contesta sube a 35-46%.

Podemos observar que mientras que en la primera pregunta el 90% de los encuestados tiene una opinión al respecto, en las siguientes casi la mitad consideran que no están en situación para dar una respuesta (Muñoz y otros, 2005).

Los resultados de la encuesta de Muñoz y otros (2005) y otras que lo corroboran como Gaskell y Bauer (2001), el nivel de conocimientos de características determinadas y concretas sobre la biotecnología de los alimentos es aún muy bajo en la población española. Aunque esto es así, sí que son capaces de tomar una decisión y tener una opinión a la hora de elegir si comprar un producto transgénico o no. Esto en nuestro ámbito de la educación se traduce en que la sociedad forma opiniones acerca de este tema basados en motivaciones múltiples como pueden ser éticas, socioeconómicas, sociopolíticas... pero lo que está claro que no están basadas en el conocimiento científico sobre el tema, hay una gran falta de información acerca de la cuestión. Debido a que nuestros alumnos se encuentran influenciados por estas opiniones que la mayoría no están basadas en conocimientos científicos creo que es una gran oportunidad desarrollar una secuencia para que sientan más cercano este tema, obtengan más información y puedan ser ellos mismos los que elaboren su propia

opinión pero siempre de una forma crítica.

Los transgénicos son un tema actual y emergente que está considerado como una *controversia sociocientífica*.

¿Qué es una controversia sociocientífica?

Según Jiménez Alexandre (2010) son dilemas o controversias sociales que tienen en su base nociones científicas pero que además están relacionadas con otros campos como son el social, ético, político y ambiental.

“De manera general entendemos por controversia sociocientífica un asunto de opinión científico y/o tecnológico en el que existe diferencia de opiniones entre los miembros (investigadores, científicos, opinión pública, empresas privadas que financian estos estudios) que participan en el proceso, ya sea por desacuerdo, discusión o debate” (Díaz-Moreno y Jiménez-Liso, 2011).

He utilizado una controversia como recurso didáctico ya que se trata de un asunto cotidiano que habitualmente aparece en prensa, redes y demás medios, y porque permite además la divulgación científica entre los jóvenes. Los procesos de biotecnología e Ingeniería genética que hay detrás de un alimento modificado genéticamente son complejos para nuestros alumnos pero a su vez es muy importante que conozcan qué son y sus características para que en un futuro puedan tomar decisiones críticas sobre estos temas.

Hay estudios que aseguran que los alumnos que están mejor formados en conocimientos y procesos Genéticos estarán mejor cualificados para entender la realidad que se transmite en los medios de comunicación (Gator, 1992) por lo que la investigación y mejora de los recursos didácticos para el aprendizaje y enseñanza de la Genética y la Biotecnología deberían de ser un punto esencial para la investigación didáctica (Abril-Gallego, 2010).

Se han sugerido tres razones principales para el desarrollar los temas de controversia sociocientífica con los estudiantes en particular y en la población en general (Turney, 1995):

- Razón utilitaria: el uso práctico que se le puede dar al conocimiento científico
- Razón democrática: implica que los individuos apliquen este conocimiento para participar en los debates relacionados con los temas genéticos.
- Razón cultural: asume el conocimiento científico de los individuos como un beneficio para la cultura y la sociedad

A parte de estas razones que he dado en este punto sobre por qué he escogido este tema.

2. Dificultades en el aprendizaje de Biotecnología y Genética.

La evolución de la sociedad ha sido consecuencia de los desarrollos tecnológicos y científicos. A pesar de que en los últimos años ha habido un incremento de manera espectacular en el conocimiento de las áreas de Biotecnología y la Genética, sabemos muy poco sobre las concepciones alternativas que tienen nuestros alumnos en estos temas y si estas ideas sirven para poder formar una opinión crítica bien fundamentada (Wood-Robison y otros, 2008).

Los alumnos acceden con ideas que son el resultado de experiencias personales y sociales, y los medios de comunicación son una parte muy importante de las experiencias, ya que hay estudios que aseguran que ver la tele es la segunda actividad a la que los jóvenes dedican más tiempo (Ferres, 1994; Fich y otros, 1997). Conceptos como evolución, mutación o ADN son muy comunes en la actualidad y en los medios, por lo que los significados transmitidos por estos, correctos o no, es lo que con mayor facilidad llega a los jóvenes. El hecho de que los medios hagan llegar con mayor facilidad estos temas a la sociedad hace que los estudiantes tengan una falsa impresión de conocer y dominar estos conceptos y en muchos casos lo que se consigue es que se comentan grandes errores conceptuales, los cuales pueden fomentar las posteriores dificultades del aprendizaje de dichos conceptos (Abril-Gallego, 2010).

He decidido abordar la enseñanza de este tema empezando por algo más básico como es la genética para ir averiguando cuáles pueden ser las dificultades en este ámbito tan concreto como es la Ingeniería Genética. Las mayores dificultades que encuentran a la hora de aprender genética los alumnos son:

- Invisibilidad de los elementos estudiados
- La multiplicidad de los niveles implicados
- Diferencia ontológicas entre los niveles de los fenómenos genéticos

(Golan y Raiser, 2007)

Después de encontrar estas dificultades a la hora de aprender genética considero que para trabajar la genética debemos de hacerlo con algo visual y con ejemplos que se acerquen a la realidad de nuestros alumnos. Estas dificultades generales las he tenido en cuenta a la hora de realizar mi secuencia, ya que he utilizado un tema actual como son los transgénicos y cercano como son los productos agrícolas de la zona en la que

vivimos, el sureste de la península.

En otros conceptos importantes de Genética, también se encuentran concepciones alternativas que son transmitidas sobre todo por los medios de comunicación, como son:

- Respecto a los caracteres fenotípicos tiene una visión lamarkiana de la herencia
- No se heredan con la línea germinal
- No se reconoce a los genes formados por ADN ni que constituyen cromosomas que están dentro de un núcleo celular
- Se tiene un conocimiento aislado, difuso y no integrado.
- Visión de las mutaciones como algo fenotípico y no lo relacionan a nivel genotípico.

Tras buscar concepciones en general sobre Genética he de reconocer que no ha sido fácil encontrar otras concretas para la Biotecnología. Este es un tema más novedoso en el que:

1. Los profesores no están formados en estas técnicas novedosas y no transmiten a sus alumnos esta información. Además son muchos los profesores que reconocen saltarse esta parte de la genética. (Senol y otros 2005)
2. La actualidad del tema hace que no haya suficiente información recogida.

En el trabajo de Abril-Gallego (2010) se analiza desde el punto de vista de la educación informal, los significados transmitidos por los medios de comunicación utilizando cuestionarios basados en el trabajo de Vilches (2004), en el que los resultados obtenidos indican que la información transmitida es incorrecta, se promueve el carácter fenotípico y no el genotípico del concepto de mutación y en el tratamiento social, le asignan un marcado carácter negativo a la investigaciones biotecnológicas, en todos los casos estudiados.

En otro estudio de Senol y otros (2005) nos muestran cómo cambia la opinión de los estudiantes según el tipo de organismo que ha sido modificado genéticamente. Los organismos que más aceptan que sean modificados, siempre con beneficios para nuestra salud, son los microorganismos, mientras que en el caso de las plantas, sí que es más aceptado que sean alteradas para usos medicinales pero no lo son tanto a la hora de que los objetivos sean mejoras nutricionales. No está nada aceptado la modificación de animales. Además este estudio muestra también que hay una correlación entre los alumnos que tienen más conocimientos sobre el tema, eran los que menos connotación negativa tenían al respecto sobre este tema.

Por todo lo expuesto se muestra una vez más la importancia de tratar los temas sociocientíficos actuales con el alumnado de secundaria.

3. Propuesta Didáctica para el aula

3.1. Objetivos

Los objetivos que he querido alcanzar con esta propuesta didáctica, se han dirigido tanto hacia la construcción de ideas como de conocimiento de tipo más procedimental:

1. Tratar con los alumnos un tema de actual y controvertido como son los transgénicos, sobre el que quiero que expresen sus ideas para así construir el aprendizaje a partir de ellas.
2. Que los alumnos averigüen a través de la secuencia la realidad de los transgénicos, en la Unión Europea y en nuestro país. Desterrando así visiones erróneas sobre el papel de estos en la sociedad.
3. Que los alumnos conozcan y diferencien algunos conceptos científicos importante como modificación genética, mejora a través de selección artificial y tratamientos químicos.
4. Que desarrollen la capacidad de construir un argumento sólido basado en información fiable al abordar cuestiones relacionadas con OMG que les permitan responder y posicionarse de forma crítica
5. Que los alumnos se involucren en una secuencia basada en la formulación de hipótesis a preguntas y la comprobación de estas a partir de información fiable

Una vez descritos los objetivos de la secuencia, expongo en el siguiente apartado la descripción de la misma.

3.2. Descripción de la secuencia

En este apartado se presenta el diseño de la secuencia de actividades en el que se describe las actividades realizadas, se justifica la finalidad de las mismas y se plantean las respuestas esperadas por los alumnos.

La secuencia comienza con una pregunta precisamente con la intención de dar la oportunidad al alumnado de explicitar sus ideas al respecto, antes de comenzar a trabajar sobre los contenidos que se pretende que aprendan. De este modo se favorece que afloren sus concepciones para, a partir de ellas construir el conocimiento científico que queremos, ya que, desde una visión constructivista, las personas aprendemos integrando las nuevas ideas con las que ya teníamos.

A1. ¿Cuál de estos dos tipos de tomates elegirías para comer, sabiendo que uno de ellos está alterado genéticamente?

Esta pregunta va acompañada de las siguientes imágenes.



Se trata de una pregunta indirecta sobre el tema, acompañada de dos elementos visuales, que facilitarán la respuesta sincera de los alumnos.

Al tratarse de una pregunta de este tipo, sobre su propio interés y no ser una pregunta directa sobre conocimientos, del tipo; *¿Qué significa transgénico?*, conseguimos que los alumnos pongan de manifiesto sus ideas reales sobre sus concepciones previas y no quedan enmascaradas por una definición “oficial”.

La pregunta se contestará de manera individual y además se les pedirá al alumnado que plasmen sus respuestas en papel.

La respuesta esperada será que asocien la foto de la derecha con un tomate modificado, por su perfecto aspecto. Esto es debido a que asociamos a que asociamos como cualidades más reconocidas de los alimentos transgénicos su mejor aspecto frente a la de los productos convencionales. Otra cualidad es la de una mayor conservación en los transgénicos. Mientras que las que menos asocian con estos alimentos son de sabor y beneficios nutricionales (Muñoz y otros, 2005)

A2. Identifica las características en las que te has basado para elegir tu tomate

Esta actividad trata de completar la primera. En la primera quería conseguir una idea general, con esta quiero saber cuáles son las características que le atribuyen a un alimento transgénico, en este caso al tomate, alimento muy presente en sus vidas, además de que nuestra región es una de las principales productoras y exportadoras a nivel mundial de este alimento.

La actividad estará acompañada de la siguiente tabla para facilitar el trabajo de los alumnos.

Características	
Tamaño	
Color	
Forma	
Si está manipulado o no	
Peso	
Parece más apetecible	

La actividad se realizará de manera individual y se contestará en un folio.

Las características esperadas que asocien al tomate elegido serán las mencionadas anteriormente, ya que son en las que se basan los consumidores españoles para la compra de los productos, sabor, tamaño, aspecto, conservación y beneficios nutricionales. La respuesta esperada sería que al tomate de la izquierda le asignarán buen sabor y mayor valor nutricional que a los tomates pequeños que por sus características de mejor aspecto lo asociaran con un alimento modificado genéticamente.

A3. Imaginad y dibujad un tomate que no haya sido modificado

Esta actividad continúa en la línea de las dos anteriores, para cerrar estas actividades acerca de sus ideas previas, les pediremos que dibujen o esquematicen un tomate que para ellos no estuviese modificado para que apliquen las características anteriores en un dibujo o esquema.

Esta actividad tiene varias preguntas dentro de ella, la primera:

Realizar un dibujo de un tomate que no haya sido modificado, ¿cómo crees que sería su color?, ¿cómo es su tamaño?, ¿su textura? , ¿Cómo es su interior? ¿Piensas que su sabor y propiedades tienen alguna peculiaridad?

Esta actividad la acompaño con esta serie de preguntas al principio para explicarles con más detalles de lo que quiero que ellos realicen.

Se les deja de 5-7 minutos para que lo realicen y una vez terminado se comenta en gran grupo cómo han sido sus tomates, qué características les han asignado. Tras comentarlo se les realiza la siguiente pregunta:

A3. ¿Crees que los tomates han sido siempre así?

Hasta este momento todas las preguntas y actividades habían sido descriptivas de sus

ideas. Con esta nueva pregunta ahora pretendo que empiecen a reflexionar. Que se pregunten, viendo cómo son sus tomates, las características que le han asignado a sus tomates ideales, si piensan que siempre han sido así.

Les dejaremos a nuestros alumnos de 1-2 minutos para que piensen sobre ello y planteamos la siguiente cuestión:

A4. ¿Cómo imaginarías su evolución?

Esta pregunta es para que sigan reflexionando, para que se planteen si un tomate ha podido ser de otra manera o incluso si los cambios que han hecho el tomate de hoy se deben a cambios naturales o cambios en los que hemos intervenido las personas.

Después de estas dos preguntas, en las que al igual que las anteriores, se realizan de manera individual y escribiendo sus respuestas. Se vuelven a comentar por encima sus respuestas para hacernos una idea nosotros como docentes de lo que han contestado y además que las comuniquen y compartan con el resto de compañeros.

Estas dos preguntas también pueden servir de precedente para abordar su idea de “evolución” y tratar este contenido tan complejo de una manera cercana y visual.

A continuación presentaremos las siguientes imágenes, en el orden establecido, con la siguiente pregunta en cada una de las imágenes:

1.



2.



3.



¿Se parece este a tu tomate?

Las imágenes se presentan en las diapositivas Power Point y se van pasando una a una con la misma pregunta a la vez que se van aportando las respuestas por los alumnos, dejándoles que hablen en clase, que se planteen cuestiones en voz alta junto con todo el grupo. Una vez mostradas las tres imágenes, terminamos con la siguiente:

A5. ¿Podemos conocer cómo ha ido evolucionando el tomate?



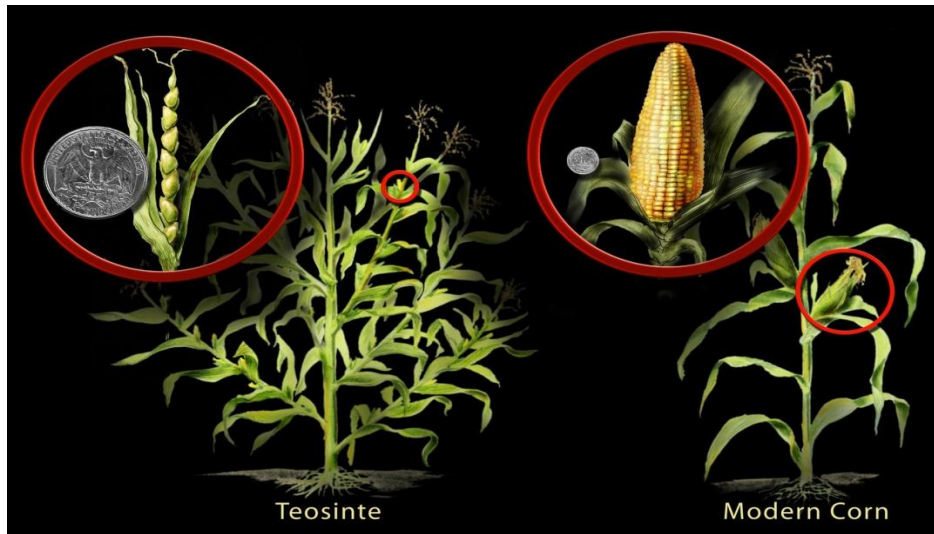
Evolución de los tamaños del tomate Chinese Academy of Agricultural Sciences.
http://www.vozpopuli.com/next/Alimentacion-Ciencia-Tomates-Transgenicos_0_743025750.htm

Respondemos a las preguntas realizadas con la información contenida en un artículo, del cual se ha extraído esta imagen tan visual de la evolución que ha sufrido el tomate. Se puede utilizar en el propio artículo y además aportarles la dirección porque creo que es importante que empiecen a sacar la información, para aprender a manejar fuentes y no darles simplemente una respuesta un poco dogmática por parte del profesor: “esto es así y porque os lo he dicho yo”.

Me parece adecuado utilizar estos medios, como son las noticias de prensa, de manera que se relacione lo trabajado en el aula, y además así comiencen a adquirir destrezas como son la de buscar información fiable. Advirtiéndoles no obstante, que cuando se utilizan han de ser cautelosos ante posibles intentos de manipulación mediática.

Con esta actividad se pretende que reflexionen sobre algo que quizás tenían muy claro, algo tan simple como el aspecto de un tomate. Que se cuestionen que también ha habido evolución en los alimentos que tomamos y que empiecen a preguntarse a qué es debida esta evolución, que será el siguiente aspecto a tratar en esta secuencia.

Antes de pasar a la siguiente cuestión, con la intención de que vean que el caso del tomate no es un caso aislado, sino que hay más ejemplos en los que los alimentos han evolucionado, después de dejar como siempre un par de minutos para que reflexionen, podemos presentarles los siguientes ejemplos.:



National Science Fundational

https://www.nsf.gov/news/news_summ.jsp?cntn_id=104207



<http://www.suzyandco.com/2013/06/picking-wild-strawberries.html>

En estos ejemplos en los que se aprecian claramente la evolución que han sufrido estos frutos, esperamos conseguir que se den cuenta que los alimentos también han sufrido una evolución y comiencen a cuestionarse, cómo ha sido o a que se debe.

La siguiente actividad va en caminada a esa cuestión:

A6. Trabajando en grupos, describid el proceso por el que pasaría desde el tomate inicial que hemos visto hasta vuestro tomate dibujado.

Esta actividad que se realizará en grupos, formados por ellos y que no deben ser más de tres, que así nos aseguramos una mayor participación por parte de cada miembro del grupo. Después de ver que los alimentos no siempre han sido como los conocemos, traten de adelantar una respuesta a la causa de este cambio. Junto a esta pregunta presentaremos distintos escenarios en los que podría haber ocurrido este cambio. Dejaremos que los alumnos hablen y discutan con los compañeros de su grupo. Tendrán que elegir uno de los escenarios en los que ha podido ocurrir esta modificación.

El objetivo con esta actividad es saber la razón a la que achacan estos cambios, y que con nueva información sean capaces de construir un razonamiento y que este se haga mediante el diálogo con sus compañeros de grupo.

Los escenarios elegidos han sido un laboratorio, un invernadero y un huerto tradicional.

Las imágenes que seleccione fueron las siguientes:



<https://www.google.es/imghp?hl=es&authuser=0>



<https://www.google.es/imghp?hl=es&authuser=0>



<https://www.google.es/imghp?hl=es&authuser=0>

Les he dado los 3 escenarios principales en los que puede ocurrir ese proceso, para así facilitar su elección y fomentar la participación. Después de informarme y fundamentarme sobre las ideas previas de los alumnos y como he comentado ya anteriormente en el apartado de *Dificultades del aprendizaje de la Biotecnología y la Genética*. Creo que un gran porcentaje de la clase elegirá en laboratorio, influidos por los medios de comunicación, intentaran describirme el proceso de un OMG. La respuesta que menos espero que elijan es la del cultivo tradicional, debido a que no asocian la evolución del tomate con la selección artificial del mismo.

Una vez que acaben todos los grupos les pediremos que un miembro de cada grupo,

actuando como portavoz, nos resume la descripción que han pensado en grupo. Como la respuesta que esperamos que sea la mayoritaria es la de un OMG, la siguiente pregunta será:

A7. ¿Cuántos alimentos modificados genéticamente crees que hay ahora mismo en nuestros mercados?

La siguiente actividad vuelve a ser una pregunta, la cual se ha escogido teniendo en cuenta las concepciones previas que se han identificado que los alumnos y mucha gente en la sociedad como he comentado anteriormente. Actualmente los medios de comunicación nos bombardean con información acerca de temas tan novedosos como es la Ingeniería Genética, Biotecnología y Transgénicos. Una de las informaciones que nos acercan los medios es una alerta sobre los transgénicos, que nos comemos en nuestro día a día.

Con esta pregunta se pretenden que contesten con la mayor sinceridad posible, para ello es mejor tratarla de manera oral con el gran grupo de clase, para así conseguir la mayor rapidez posible en su respuesta. La pregunta se debate en clase, intentando que todos los alumnos puedan dar su opinión al respecto, si es posible sin intervención del profesor, que sean los alumnos los que lleven el debate en clase, el profesor solo actuará cuando se requiera como moderador o motivador en el caso que los alumnos no estén demasiado participativos.

Después de debatir esta pregunta y llegar a la respuesta general, volvemos a utilizar recortes de prensa para presentarles la información.

Los recortes seleccionados fueron los siguientes:

Actividad A8. Comprobamos nuestras respuestas

Cultivos transgénicos aprobados en España ☆

FERNÁNDEZ-REBOLLOS, MARTA 13/06/2001

536



En España, solamente existen dos variedades transgénicas de maíz inscritas en el Registro de Variedades Comerciales de Plantas, que son las variedades 'Compa' y 'Jordi'. Ambas contienen la misma modificación genética que, mediante la expresión de la toxina Bt de la bacteria *Bacillus Thuringiensis*, confiere resistencia a las larvas de los taladros del maíz. Actualmente, se encuentran en proceso de inscripción en el Registro de Variedades Comerciales español, variedades transgénicas que contienen modificaciones genéticas ya aprobadas por la Unión Europea, como son:

- Maíz (Bt-176), resistente a los taladros
- Maíz (Bt-MON/810) resistente a los taladros
- Maíz (T25) tolerante al herbicida glufosinato de amonio

Asimismo se encuentran en proceso de inscripción en el citado Registro, variedades que contienen modificaciones genéticas que están pendientes de aprobación en la Unión Europea. Plantas Transgénicas. Preguntas y Respuestas. Sociedad Española de Biotecnología

La UE da luz verde a 10 nuevos transgénicos para alimentos y piensos

La Comisión renueva otras siete autorizaciones y concede dos más para claveles en plena negociación del TTIP con EEUU.



publicidad

enlasredes

Ofrecido por

Todos

Las autorizaciones tienen una validez de 10 años y se añadirán a la lista de 58 OGM ya autorizados en la UE para uso alimentario o como pienso, que incluyen **maíz, algodón, soja, colza o remolacha azucarera.**

Las nuevas autorizaciones

Las diez nuevas autorizaciones afectan al **maíz** MON 87460; la **soja** MON 87705, MON 87708, MON 87769, 305423 y BPS-CV127-9; la **colza** MON 88302, y el **algodón** T304-40, MON 88913 y LLCotton25xGHB614.

Las siete autorizaciones renovadas han sido para el **maíz** T25 y NK603; la **colza** GT73; y el **algodón** MON 531 x MON 1445, MON 15985, MON 531 y MON 1445.

Por último, las dos autorizaciones relacionadas con flores no destinadas a alimentación o piensos han sido para el **clavel** IFD-25958-3 y IFD-26407-2.

Los artículos seleccionados, son de fuentes conocidas para nuestros alumnos y además la información seleccionada ha de ser clara pero no total, es decir, dadles un poco de información para que ellos quieran seguir investigando y averiguando sobre el tema, para que se hagan más preguntas y aprendan también a resolverse las por ellos mismo.

Con estos artículos se pretende que vean que los alimentos transgénicos deben ser aprobados por medidas muy estrictas de regulación que además hay diferencias entre países, incluso entre la UE y España, que conozcan las variedades que hay aprobadas, que realmente son muy pocas para las que nuestros alumnos se esperan y que conozcan las que pueden encontrarse en su vida cotidiana.

Después de esta información la última actividad que les pedí fue que buscaran en los ordenadores o en sus dispositivos móviles la definición de OMG, para posteriormente

ser comentada en clase.

Mi secuencia de actividades acabó con esta actividad debido a falta de horas lectivas en mi periodo de prácticas facilitadas por mi tutor. En un apartado posterior presento una propuesta de mejora para esta secuencia basada en los resultados de su implementación.

4. Evaluación de la secuencia

La propuesta que he diseñado para este trabajo está dirigida para el curso de 4º de la ESO. La implementé en la clase de 4º del Instituto Celia Viñas, donde realicé mis prácticas de este Máster. Es una clase no muy numerosa, con un alumnado que sigue el perfil del centro, tienen una estabilidad socioeconómica, una característica educativa que tiene esta clase es que con su tutor trabajan en bastante en grupo, por lo que son alumnos muy participativos y saben respetar el turno de palabra tanto de otros compañeros como el del profesor.

Mi intervención trataba de desarrollar una secuencia de actividades de indagación, que tiene como tema central los alimentos transgénicos o alimentos alterados genéticamente. La realicé en dos horas de clase y la realizaron 14 alumnos. La secuencia de actividades fue realizada en dos sesiones lunes y miércoles, de una hora cada una. La realicé la 3ª semana de prácticas, por lo ya le había impartido varias clases al alumnado, este aspecto hizo que ellos estuviesen más cómodos y que sus respuestas fuesen más fluidas.

Seguidamente, presento los resultados de la implementación que permiten adelantar una evaluación de la secuencia e incorporar propuestas de mejora.

Todos estos datos cuyo análisis se presenta a continuación provienen de las actividades recogidas a los alumnos, anotaciones in situ de mi compañero de prácticas que estuvo presente durante toda mi secuencia y mi propio diario de prácticas. Todos estos han funcionado como instrumentos para recabar información útil de cara a evaluar el efecto de la propuesta diseñada.

Análisis de la A1 y A2: A1. ¿Cuál de estos dos tipos de tomates elegirías para comer, sabiendo que uno de ellos está alterado genéticamente? A2. Características que te has basado para elegir el tomate

A estas preguntas les pedí que contestasen de manera individual y en un folio que luego yo me llevaría. De las dos fotos elegidas ningún tomate es un organismo genéticamente modificado, tan solo elegí dos tomates que diferían en cuanto a tamaño y en su aspecto. Las respuestas obtenidas en estas preguntas pueden representarse en esta gráfica.

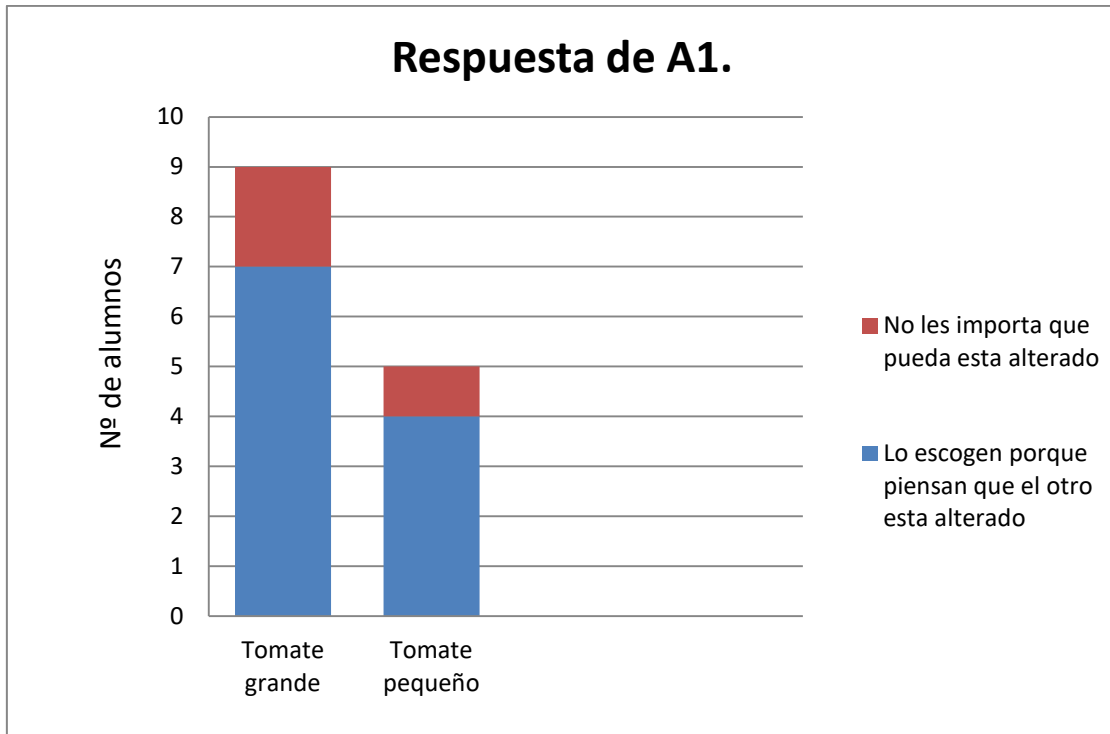


Grafico 1. Respuestas obtenidas en la primera pregunta de la secuencia.

De los 14 alumnos que contestaron esta pregunta, 9 de ellos eligieron el tomate grande (imagen de la izquierda). De estos nueve, siete de ellos tomaron su decisión basándose en que la otra opción estaba alterada genéticamente por lo que a este tomate le atribuyen mejores características, entre las que están, mejor sabor, más nutritivo y relacionan el aspecto imperfecto de este alimento con que no debe de presentar ningún tipo de alteración. Tan solo dos de ellos aún pensando que posiblemente ese sea el alterado alterado, lo eligen, ambos por su gran tamaño.

De los cinco alumnos que eligen los tomates pequeños, imagen de la derecha, 4 de ellos basan su elección en el descarte del grande, debido a que su gran tamaño hace que piensen que esta alterado, por lo que se quedan con los tomates pequeños. Mientras que solo una persona elige los pequeños por su buen aspecto, sin importarles que puedan estar alterados.

Por lo tanto las características en las que se basan para su elección son:

- Un aspecto imperfecto → no está alterado, por lo que lo elijo.
- Tamaño demasiado grande → creo que esta alterado por lo que me quedo con la otra opción.

Los resultados de esta actividad se corresponden con las concepciones que tiene la

sociedad acerca de los organismos genéticamente modificados, y es que le atribuyen un aspecto más perfecto o tamaños que no corresponden con lo que están acostumbrados. Como he explicado en el apartado anterior.

Con respecto a la actividad **A3. Imaginad y dibujad un tomate que no haya sido modificado**, tan solo dos alumnos hacen el dibujo, todos los demás describen con una narración cómo sería este tomate. Todos los alumnos coinciden en que el tomate debe ser de un tamaño mediano, con un sabor natural y con respecto al color no les importa si verde o rojo, aunque la mayoría prefieren rojo. Hay dos excepciones que son los mismos dos alumnos que había elegido el tomate grande por su tamaño, en esta actividad al describirlo también consideran un tamaño más grande de lo normal.

En las preguntas que seguían esta actividad: **A4. ¿Crees que los tomates han sido siempre así? A5. ¿Cómo imaginarías su evolución?**

Todos los alumnos estaban convencidos que los tomates siempre habían tenido ese aspecto. Tan solo uno de los alumnos comento que ahora había tomates verdes y rojos en el mismo fruto. Pero ninguno de ellos hizo ninguna aportación relacionado con una evolución en el fruto del tomate.

Cuando les presente la imagen de la evolución de este fruto, ninguno se lo había imaginado. Al preguntar si conocían otro ejemplo en la que haya evolucionado en su forma, un alimento, ninguno contesto, pero al presentar tanto la imagen del maíz como el de la fresa, comenzaron las preguntas sobre otros alimentos como era la sandía, las manzanas. Debido al interés que despertaron estas imágenes en los alumnos y a las preguntas realizadas, decidí darle a los alumnos tiempo con los portátiles, que me prestó el tutor, para que pudiesen ellos mismo hacer búsqueda de los alimentos o frutos que ellos quisiesen.

En la actividad de grupo, **A6.Trabajando en grupos. Describir el proceso por el que pasaría desde el tomate inicial que hemos visto hasta vuestro tomate dibujado**, se hicieron 4 grupos. Todos los grupos eligieron el mismo proceso y el mismo escenario, un cultivo tradicional en el que realizan una selección de tomates más grandes a lo largo del tiempo, los que se vuelven a plantar, consiguiendo finalmente un aumento en el tamaño del tomate. Tan solo hay un grupo que además de comentar este proceso para la obtención de un tomate más grande, para mejorar otras características del fruto, que no comentan, deciden utilizar el ADN de otros vegetales, para así introducir características deseables.

Esta respuesta uniforme en todos los grupos es debida a que en la pregunta anterior cuando presenté la imagen de la evolución del tomate, el tutor que estaba presente en mi intervención adelantó algunos conceptos de mejora y selección artificial. Por lo que

no puedo valorar bien la implementación de esta pregunta en la secuencia.

Finalmente en la pregunta de **A7. ¿Cuántos alimentos modificados genéticamente crees que hay ahora mismo en nuestros mercados?**

En esta actividad tuve el inconveniente de que mi tutor de prácticas, según vio avanzar la secuencia, se adelantó, y en el transcurso de esta, la lanzó a la clase, sin pedir que los alumnos contestasen pero que reflexionasen sobre ello, por lo que al presentarla no fue cogida por sorpresa por los alumnos.

Aun así la respuesta de la clase fue unánime. Creen que hay muchos alimentos en nuestro mercado que son organismos genéticamente modificados (OMG), incluso hicieron referencia a la carne, refiriéndose a que muchos de los animales que pertenecen a la ganadería también podrían estar alterados.

Una vez que presente las noticias y comentamos en clase los alimentos que estaban catalogados como OMG, salió una duda realmente interesante, la mayoría de los alumnos asociaban la modificación genética con tratar los cultivos con productos químicos, por ello no esperaban la respuesta presentada. Esta duda era generalizada por lo que pedí a los alumnos que buscasen definición de OMG en los portátiles, para poder trabajarla. Mi implementación de la secuencia acabo con esta actividad. Una vez que la terminamos y los alumnos consiguieron diferenciar entre la modificación genética y los tratamientos químicos, surgió en clase un gran interés por la biotecnología y los avances científicos de interés.

Con esto conseguí un objetivo que no había contemplado al inicio de la secuencia, que fue conseguir la motivación del alumnado por saber más y aprender sobre lo avances científicos. Este hecho creo que es algo que refuerza aún más esta secuencia, la motivación del alumno en el aula es imprescindible para el aprendizaje y con más razón si lo hacen en el campo científico, el cual nuestros alumnos consideran que es aburrido y complicado.

Mi tutor quedo sorprendido con alguna de las preguntas que me plantearon al final de la secuencia, que dieron pie a tratar temas tan actuales como la tecnología CRISPR, terapia genética y una introducción de cómo se hace ingeniería genética.

5. Propuesta de mejora

La secuencia se iniciaría del mismo modo que está narrada en el apartado anterior *Mi intervención*. Pero al llegar a la actividad A2. *Pensar y dibujar o esquematizar un tomate que no haya sido modificado*, dependiendo del curso en el que se esté desarrollando la secuencia, esta pregunta podría ser suprimida. En mi caso que la realicé para el curso de 4º de la ESO, los alumnos tendieron más a narrarme cómo sería su tomate que a esquematizarlo o dibujarlo, para ellos fue más rápido y mejor descrito de manera narrada. Sin embargo creo que esta actividad para cursos del primer ciclo de la ESO si que los ayudaría más a la descripción del tomate que de una manera narrada.

Otro de los apartados que añadiría, a modo de herramienta para la búsqueda de pruebas que en mi intervención no me fue posible utilizar es usar un apartado de la página *European Commission* en el que viene una lista de todos los organismos genéticamente modificados que están actualmente aprobados por la UE.



Imagen del buscador de organismos genéticamente modificado aprobados por la UE en la página de la *European Comissio* http://ec.europa.eu/food/dyna/gm_register/index_en.cfm

Esta página te permite utilizarla como buscador, los alumnos pueden introducir los alimentos que han pensado previamente en la actividad A4. *¿Cuántos alimentos modificados genéticamente crees que hay ahora mismo en nuestros mercados?* Y comprobar por ellos mismo si los alimentos que han pensado realmente existen como OMG.

Para terminar para el fin de la secuencia introduciría dos elementos. El primero de ellos será que los alumnos como actividad final para aplicación de los conocimientos construidos que comenzará de este modo:

A9. Sois investigadores que trabajáis para una prestigiosa empresa agrícola. La empresa os propone un nuevo proyecto. Se han dado cuenta que las familias españolas cada vez son menos numerosas y que las sandías que tienen en el mercado han bajado su ventas, debido a que son sandías demasiado grandes. Y los consumidores tienden a comprar sandías más pequeñas para su unidad familiar. Por lo que quieren comenzar un nuevo proyecto para lanzar al mercado sandías minis. Vosotros sois los encargados de llevar a cabo este importante trabajo que implica desarrollar una investigación.

¿Es posible conseguir producir sandías de tamaño “reducido”?

¿Qué método utilizarías para conseguirlo?

¿Por qué has elegido ese método? Razónalo extensamente.

Descríbeme brevemente como sería ese método, sus ventajas y desventajas.

Haría esta actividad porque creo que con un problema contextualizado y que les acerca al mundo real, puede motivarlos. He elegido la libre expresión para que así pueda ver que ideas han cogido después de realizar esta secuencia de actividades. Además este problema lo programaría para hacer unos días posteriores al fin de la secuencia. Lo que pretendo con él es ver si sus concepciones previas acerca de los organismos transgénicos han cambiado. Si son capaces de discriminar los diferentes métodos que hay para llegar a un alimento que encontramos en nuestro mercado y no mezclan estos dos términos, como lo hacían al inicio de la secuencia.

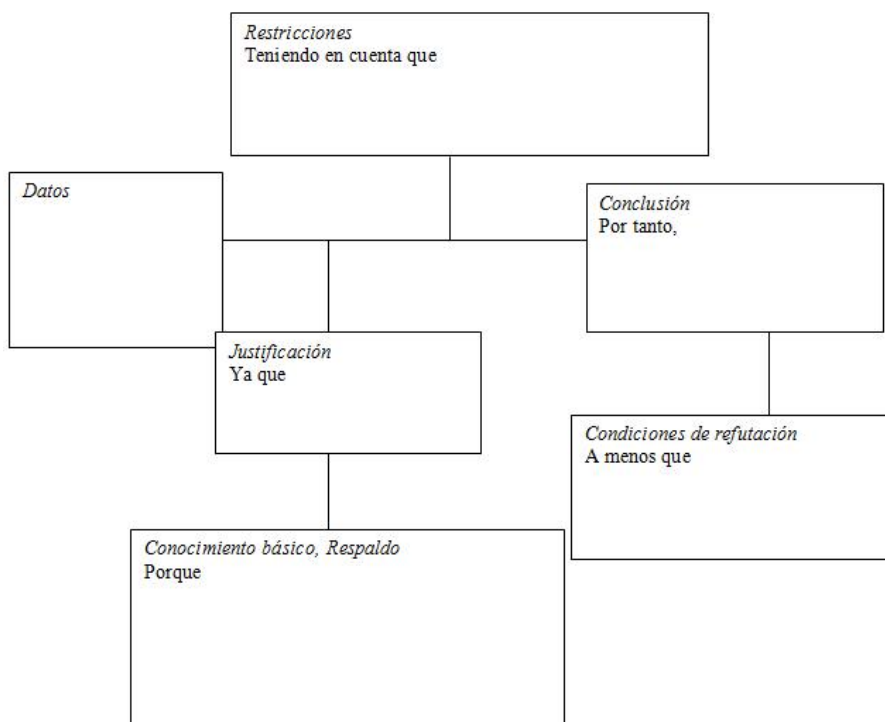
Con la actividad final no pretendo calificarlos, pretendo evaluar el funcionamiento de la secuencia en ellos.

El otro elemento que incluiría sería volver a la pregunta inicial: **A1. ¿Cuál de estos dos tipos de tomates elegirías para comer, sabiendo que uno de ellos está alterado genéticamente?**

Pero esta vez el aspecto a evaluar sería su argumento, es decir, cualquier opinión es válida siempre y cuando el argumento sea bueno. Además esta actividad me permitiría introducir otra herramienta como es **el modelo de argumentación de Toulmin.**

Primero trabajaríamos lo que es un buen argumento y las partes que lo deben formar

para que lo sean, para que así puedan trabajar la actividad previamente. Los argumentos los trabajaríamos con el esquema argumentativo de Toulmin:



<https://www.google.es/imghp?hl=es&authuser=0>

Siguiendo este esquema se puede trabajar un ejemplo que funciona muy bien en las clases:

El primer ejemplo que se puede trabajar, es la pregunta: ¿es el Madrid el mejor equipo del mundo? Deben dar su respuesta rellenando el esquema.

Una vez que dominan cada una de las partes del esquema argumentativo de Toulmin deberán realizar lo mismo que en el ejemplo pero contestando la primera pregunta de la secuencia (Lucila y Stipcich, 2008).

La forma de evaluar esta pregunta será viendo que su argumentación es buena, si han seguido todos los pasos del esquema, que los datos utilizados son de fuentes fiables y que han puesto en práctica lo averiguado durante la secuencia.

Con esta actividad acabaría la secuencia OMG, aprendizaje de una controversia sociocientífica.

6. Conclusiones

En este trabajo presento en diseño de una propuesta de actividades dirigida a trabajar en clase una controversia sociocientífica como son los organismos modificados genéticamente, más en concreto trabajamos con los alimentos. Esta propuesta ha sido implementada y evaluada durante mi periodo de prácticas del máster. Tras esta evaluación y analizando los objetivos planteados al inicio de este trabajo, podemos concluir que:

1. Los alumnos han trabajado una controversia sociocientífica mediante un enfoque de indagación, durante la cual ellos han sido los protagonistas de su propio aprendizaje.
2. Los alumnos han trabajado y asimilado información sobre el tema de alimentos transgénicos.
3. He conseguido que los alumnos se interesen por los nuevos avances tecnológicos de la ciencia.
4. Tras la evaluación de la secuencia, he realizado una propuesta de mejora que completa esta secuencia de actividades.

7. Reflexión

Después de la implementación y evaluación de la propuesta, viendo los resultados obtenidos. Podría haber cumplido los objetivos planteados en mayor o menor medida, pero como futura docente he aprendido que no me plantee el objetivo principal en una propuesta de aprendizaje, que es conseguir la motivación de la clase, desde el principio. En este caso me encontré con esta gran satisfacción al final de mi implementación y para mí fue el mejor resultado que he sacado de esta experiencia, que los alumnos se interesen por los nuevos avances científicos, que quieran acercarse más a la ciencia en un momento en que la educación científica está siendo infravalorada.

Como reflexión final tan solo apuntar que tenemos que estar continuamente actualizándonos para formar a nuestros alumnos en miembros críticos de la sociedad y no quedarnos en los conceptos y contenidos de siempre, nuestros alumnos nos lo agradecerán mucho.

Bibliografía

- Abril-Gallego, A. (2010). Influencia de la sociedad del conocimiento en la enseñanza de las ciencias experimentales. Un caso de estudio: La genética y la biología molecular. *Revista de antropología experimental* (10), 1-16.
- Díaz-Moreno, N., y Jiménez-Liso, MR. (2012). Las controversias sociocientíficas: temáticas e importancia para la educación científica. *Revista Eureka* 9, (1), 54-70.
- Ferrés, J. (1994). *Televisión y educación*. Barcelona: Paidós
- Fibonacci Scientific Committee (2010). Fibonacci Starting Package: Scientific background. (<http://www.fibonacci-project.eu/>)
- Fisch, SM., Yotie, W., Mccann, SK., Scott, M. y Chen, L. (1997) .Science in Saturday morning: Children's perceptions of science in educational and non-educational cartoons. *Journal of Education Media*, 23, 157-167.
- Gaskell, G. y Bauer, M. (2001). *Biotechnology 1996-2000, the years of controversy*. Londres, Science Museum.
- Gator, GL. (1992). Teaching genetics in the high school classroom. *Teaching genetics: Recommendations and research preceding of a national conference*. Cambridge. 20-30.
- Golan, R. y Reiser, BJ. (2007). Reasoning across ontologically distinct levels: students' understandings of Molecular Genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, (44), 938-959.
- Harlen, W. y el grupo de trabajo IAP. Educación en ciencias basada en la indagación: Preparando a los profesores. (2009). *The interacademy Panel on International Issue*, 35-48.
- Jiménez, MP., Brusi, D., Cid, R., Fernández, L., Gallástegui, JR., Márquez, C.,... Solsona, N., (2011). *Cuaderno de indagación en el aula y competencia científica*. ISBN 978-84-369-5215-5.
- Jiménez-Aleixandre, M.P. (2010). 10 ideas clave. Competencias en argumentación y uso de pruebas. Barcelona. Ed. Graó
- Lucila, B. y Stipcich, MS. (2008) Educación en ciencia y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos

- para la enseñanza de las Ciencias Experimentales. *Revista Electrónica de Enseñanza de las ciencias*, 7, (1), 42-62.
- MEC (2014). Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. (BOE núm. 3 de enero de 2015).
- Muñoz, E. (1997). *Biotecnología, Industria y Sociedad: el caso español*. Madrid. Fundación CEFI.
- Muñoz, E. (2001). *Biotecnología y sociedad: encuentros y desencuentros*. Madrid, Cambridge University Press, OEI.
- Muñoz, E., Plaza, M., Ponce, G., Santos, D., y Todt, O. (2005). La opinión de los consumidores españoles sobre los alimentos transgénicos y su seguridad. *Revista Internacional de Sociología*, (41), 93-108.
- PINTÓ, R., ALIBERAS, J. y GÓMEZ, R. (1996). Tres enfoques de la investigación sobre las concepciones alternativas. *Enseñanza de las ciencias* 14 (2), 221-232.
- Reyes-Cárdenas, F. y Kira, P. (2012). La indagación y la enseñanza de las ciencias. *Áreas temáticas emergentes de la educación química* 23 (4), 415-421.
- Senol Bal, Nilan Keskin Samanci y Orçun Bozkurt. (2007). University Students' Knowledge and Attitude about Genetic Engineering. *Eurasian Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 3, (2), 119-126.
- Turney, J. (1995). The public understanding of genetics- where next? *European Journal of Genetics and Society*. (1), 5-20.
- Vilchez-Gonzalez, JM. (2004). Física y dibujos animados. Una estrategia de Alfabetización científica y Televisiva en la Educación Secundaria. (Tesis doctoral). Universidad de Granada. Granada.
- Wood-Robison, C., Lewis, J., Leach, J. y Driver, R. (1998). Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, (8), 43-61.
- Worth, K., Duque, M. y Saltiel, E. (2009). Designing and implementing inquiry-based science units for primary education, the POLLEN Project.