

**COMPARACIÓN ENTRE CULTIVOS ECOLÓGICOS Y MODIFICADOS.
VALORACIÓN ECONÓMICA Y DE LA PRODUCCIÓN.**



Índice.

Índice.	1
Definición del problema y resumen del proyecto.	2
Definición del problema.	2
Hipótesis.	2
Resumen del proyecto.	2
Diseño e implementación del trabajo de investigación.	4
Bibliografía previa y antecedentes.	4
OGM: Definición y su creación.	4
Políticas respecto los transgénicos en Europa.	5
Pros y contras.	5
Marco teórico.	7
Opinión general: encuestas.	7
Introducción experimental: objetivos y conceptos fundamentales.	13
Informe experimental.	15
Realización experimental.	15
Toma de datos.	16
Análisis de resultados.	17
Gráficos de temperatura.	17
Gráficos de crecimiento: comparación entre condiciones.	18
Invernadero.	18
Condiciones naturales.	19
Laboratorio.	20
Gráficos de crecimiento: comparación entre variedades.	21
RR.	21
RL.	22
E.	22
Conclusiones.	24
Debate.	27
Plan de difusión de resultados.	28
Bibliografía.	29

Definición del problema y resumen del proyecto.

Definición del problema.

El siguiente proyecto gira en torno a un mismo problema, clave a la hora de llevar a cabo cada una de las fases del trabajo. Dicho planteamiento se basa en la polémica situación de los cultivos transgénicos en nuestra sociedad, un campo relativamente nuevo sujeto a muchas críticas y dudas por parte tanto de los consumidores, como del sector científico.

De este modo, se ha formulado la siguiente pregunta: ¿a qué nivel son recomendables los cultivos transgénicos destinados al consumo humano?

La cuestión se responderá aplicando el método científico, además de forma experimental, mediante la implicación de la comunidad en el problema, con el objetivo de buscar una solución.

Hipótesis.

Castellano:

La idea inicial es que los resultados que se obtendrán en los cultivos modificados superarán en crecimiento y producción a los ecológicos, así como en capacidad de adaptación en las diferentes condiciones fisicoquímicas.

Inglés:

The initial idea of the project is that the modified plants' results that will be obtained will lead ecologic plants' results by production and growing, as well as adaptation ability in different physiochemical conditions.

Catalán:

La idea inicial és que els resultats que s'obtindran en els cultius modificats superaran en creixement i producció els ecològics, així com en capacitat d'adaptació en les diferents condicions fisicoquímiques.

Resumen del proyecto.

El trabajo de investigación presentado se basa en dos pilares clave: la realización experimental y la implicación por parte de la comunidad.

Por una parte, se decide realizar un experimento para comparar, tanto a nivel económico como cualitativo, los cultivos transgénicos con los cultivos ecológicos. Dicho experimento consiste en el cultivo de 3 especies de plantas diferentes, con dos variedades en cada una, una ecológica y una seleccionada artificialmente (no transgénica directamente, ya que los OGM sólo se venden al por mayor, o los vendidos al por menor tienen precios muy altos).

En total, se siembran 6 cultivos diferentes. Cada uno de ellos, a su vez, se siembra en 3 condiciones distintas: en un laboratorio, en un invernadero y en exterior. De este modo, se obtienen 18 cultivos diferentes, teniendo en cuenta la variedad de la especie y las condiciones fisicoquímicas.

Finalmente, se analizarán diversas variables como el crecimiento de las plantas o la cantidad de producción de las mismas. Todo ello relacionándolo con las condiciones a las que han sido expuestos los individuos. Además, de forma complementaria, se aportará un análisis económico acorde las variables anteriores.

Por otra parte, también se incluirá a la comunidad en diversas fases del proyecto. Primeramente, se realizarán encuestas para conocer la opinión pública general sobre los cultivos transgénicos destinados al consumo humano. De este modo, se analizarán los resultados de los cuestionarios para compararlos posteriormente con los resultados del experimento ya comentado.

Diseño e implementación del trabajo de investigación.

Bibliografía previa y antecedentes.

OGM: Definición y su creación.

Según la OCU (Organización de Consumidores y Usuarios), un organismo genéticamente modificado (OGM) es cualquier organismo cuyo material genético ha sido transformado de una forma ajena a los métodos naturales de multiplicación o transformación. Para ello, se recurre a una tecnología conocida como manipulación o modificación genética.

Esta técnica provoca cambios muy precisos en los caracteres hereditarios de un organismo, y lo dota de una característica que antes no tenía mediante técnicas de biotecnología. Gracias a ellas se pueden insertar genes de una especie en otra.

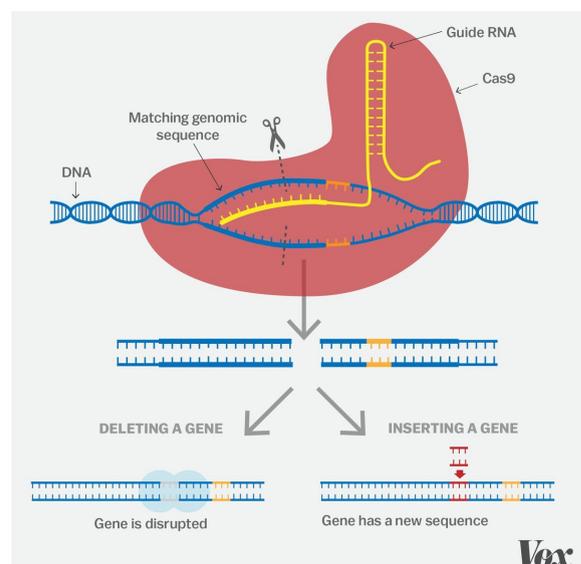
Aún así, cabe recalcar que un OGM puede ser o no transgénico, pues estos últimos son aquellos que adquieren genes de otras especies.

Por otra parte, la técnica biotecnológica usada para modificar el material genético de los organismos es el CRISPR/CAS9.

Este método tiene su origen en 1987, cuando un estudio descubrió cómo se defienden los *Streptococcus pyogenes* de los virus que los atacan. Cuando un virus los infecta, guardan un fragmento de su ADN entre dos segmentos repetidos del suyo propio. Estos fragmentos de ADN vírico se conocen como Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats, de ahí sus siglas CRISPR.

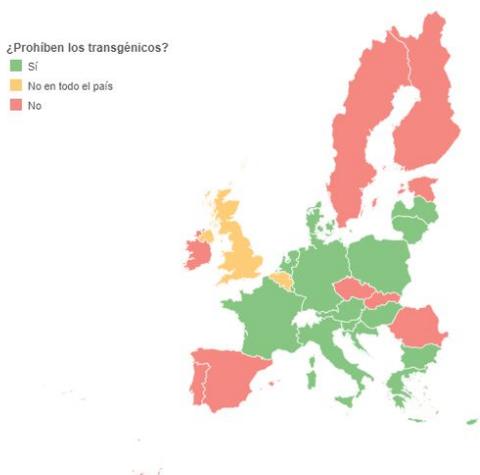
Cuando el virus en cuestión los infecta de nuevo, la célula realiza una copia del ADN vírico en ARN, sintetizando a su vez la proteína CAS9, así, el conjunto de la proteína y el material genético es el complejo CRISPR. De este modo, dicho complejo viaja por toda la célula buscando un fragmento de ADN complementario al ARN (es decir, buscando el ADN vírico). Cuando lo encuentra, se adhiere a él. Por último, CAS9 corta el ADN y lo deja inutilizable, matando el virus.

A nivel práctico, este método de defensa se extrapoló para la edición genética. Así, se diseña un fragmento de ARN complementario al ADN que se quiere eliminar, para adherirlo a la proteína CAS9 y cortarlo. Esto se puede aprovechar o bien con el objetivo de inutilizar genes y así curar enfermedades; o bien para añadir nuevos segmentos de material genético a un organismo receptor, cosa que hará que exprese nuevas características. Un ejemplo ya utilizado hoy en día es la síntesis de insulina mediante la transgénesis del gen productor de dicha hormona en las bacterias *Escherichia coli*.



Políticas respecto los transgénicos en Europa.

A nivel legislativo, Europa permite 8 cultivos modificados genéticamente. Entre ellos se encuentran 13 variedades de *Brassica napus*, una planta utilizada para la producción de aceite vegetal y biodiesel. También está permitido el cultivo y modificación de 7 variedades de *Dianthus caryophyllus* (clavel), 13 variedades de algodón (*Gossypium hirsutum*), 52 variedades de maíz (*Zea mais*), la patata amflora (*Solanum tuberosum*) (modificada para que produzca un almidón concreto utilizado en la industria papelera), 19 variedades de soja (*Glycine max*), 1 variedad de remolacha azucarera (*Beta vulgaris*) y otra de tabaco (*Nicotiana tabacum*).



Fuente: Comisión Europea | Gráfico: Belén Picazo

Oeldiario.es

Aunque únicamente esté permitida la modificación de 8 cultivos, la Unión Europea sí que permite la importación de otros transgénicos como la soja. Aún así, a nivel estatal, las legislaciones en relación a los OGM pueden ser muy diferentes, hasta el punto que legalmente pueden estar o no permitidos.

De igual manera, España es uno de los pocos países de la UE que cultiva transgénicos a gran escala.

Pros y contras.

Los cultivos transgénicos tienen ciertas ventajas y desventajas que resultan claves en aspectos tan variados como su consumo, sus efectos ecosistémicos o la propia siembra.

Como aspectos positivos de la modificación genética, se pueden remarcar ciertas características beneficiosas, empezando por la mayor producción, y por tanto rentabilidad de dichos cultivos (aspecto que será analizado de forma experimental posteriormente). Aún así, esta rentabilidad al final sólo beneficia a las grandes empresas, pues son las que conservan la patente de sus productos para venderlos a precios altos.

Por otra parte, mediante la implementación de ciertos genes en los vegetales (haciéndolos resistentes a determinados parásitos, por ejemplo), se puede evitar el uso de pesticidas o herbicidas de amplio espectro que afecten de forma negativa al ecosistema, pues además de los insectos o plantas silvestres que se quieren eliminar mediante estos productos químicos, otros organismos próximos también se pueden ver perjudicados. De esta forma, el impacto ambiental general que supone la agricultura se podría ver reducido.

Sin embargo, si en vez de evitar el uso de pesticidas o herbicidas, se modifican los organismos para hacerlos resistentes a ellos, el efecto sería totalmente el contrario, pues los agricultores utilizarían con mayor frecuencia estos productos químicos sin preocuparse; afectando de este modo, de una forma totalmente negativa al ecosistema que rodee los cultivos. Además, el uso de pesticidas y herbicidas podría hacer que llegaran a filtrarse en fuentes próximas de agua potable, como ríos.

Aún así, los transgénicos cultivados a gran escala son muy pocos, cosa que supone una variabilidad genética poblacional muy baja; en consecuencia, si se da una situación de estrés conjunto de la población, y esta necesita diferentes variedades dentro de la propia especie, es probable que el conjunto de la especie se vea perjudicado y disminuya en función de la causa del estrés.

A nivel práctico, por otra parte, en los campos de cultivo es frecuente que varias especies vegetales habiten el mismo espacio. De este modo, también es probable la polinización cruzada, proceso que, si se da entre una planta silvestre y una transgénica, puede desembocar en la transferencia de genes entre ambas especies, pudiendo llegar a la situación de que la especie silvestre adquiriera el gen implementado en la especie transgénica.

Siguiendo en otra línea, los OGM en general, no sólo los cultivos, podrían llegar a mejorar la salud humana, ya que se podrían modificar organismos de consumo humano para hacerlos más nutritivos. De igual manera, esto podría resultar un arma de doble filo, ya que, con la transgénesis, es posible la introducción de alérgenos en ciertos alimentos, pues los organismos receptores de genes, en algunos casos sintetizan ciertas sustancias que antes no; de este modo, si esto no consta en el etiquetado del producto, puede llegar a resultar un peligro importante.

Otro aspecto negativo de este tipo de prácticas es que los animales modificados genéticamente presentan una tendencia a enfermar con mayor frecuencia. Esto supone un mayor uso y abuso de antibióticos.

Marco teórico.

Opinión general: encuestas.

Paralelamente al proceso experimental, se decide implicar a la comunidad en el proyecto realizando encuestas para conocer la opinión pública general en relación a los cultivos transgénicos, concretamente los que están destinados al consumo humano.

De este modo, además de repartirlas de forma impresa, se creó un formulario digital que se difundió por redes sociales para así conseguir la mayor cantidad de encuestas contestadas posibles; consecuentemente, para llegar a aumentar la precisión de los datos.

Las preguntas incluidas en el cuestionario son las siguientes:

1. ¿Conocía previamente la definición de *transgénico*?
 - A. Sí.
 - B. No.
 - C. No exactamente (tenía una pequeña idea).
2. ¿Relaciona los cultivos transgénicos con las grandes empresas?
 - A. Sí.
 - B. No.
3. ¿Cree que los cultivos transgénicos disminuyen el sabor del producto?
 - A. Sí.
 - B. No.
4. ¿Cree que los cultivos transgénicos pueden ser perjudiciales para la salud?
 - A. Sí.
 - B. No.
5. ¿Está dispuesto a pagar más por un producto ecológico?
 - A. Sí, los compro siempre.
 - B. A veces, si el precio es razonable.
 - C. No.
6. ¿Qué opina de los productos transgénicos?
 - A. No soy partidario/a, creo que son perjudiciales.
 - B. No tengo inconveniente en consumirlos, creo que son equiparables a los ecológicos.
 - C. Soy totalmente partidario/a y creo que son beneficiosos.
7. ¿Cómo cree que afectan los transgénicos al medio ambiente?
 - A. Creo que son beneficiosos, ya que hay que usar menos pesticidas.
 - B. Creo que hay una parte mala y una parte buena.
 - C. Creo que son perjudiciales, puesto que son artificiales y no naturales.

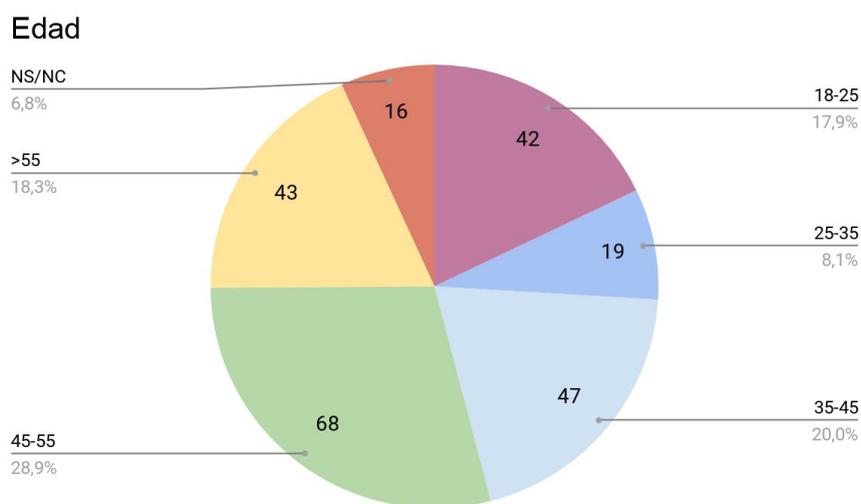
Además, se incluye una sección donde seleccionar el rango de edad, con el objetivo de conocer si existe una diferencia de opinión ligada al paso del tiempo y a las nuevas generaciones. Los intervalos definidos son los siguientes:

- Entre 18 y 25 años.
- Entre 25 y 35 años.
- Entre 35 y 45 años.
- Entre 45 y 55 años.
- Mayores de 55 años.

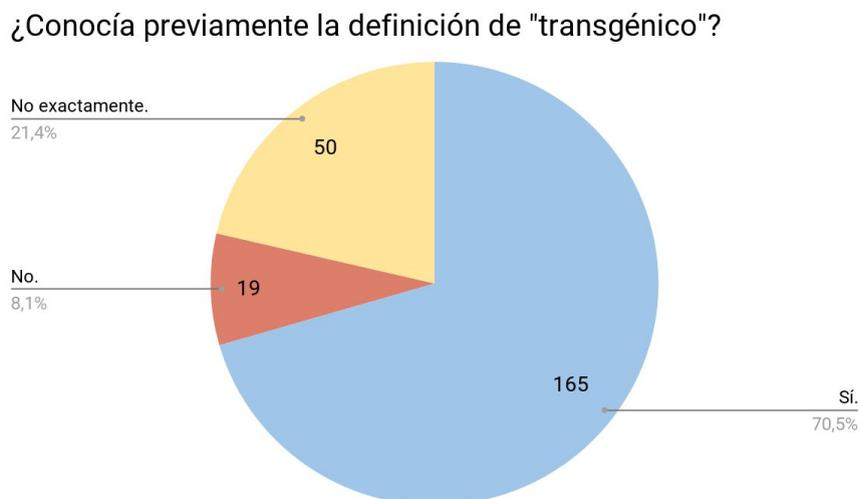
Finalmente, se consiguieron 235 encuestas contestadas. Los gráficos siguientes resumen las respuestas obtenidas.

Como se muestra, las personas de entre 45 y 55 años juntamente con los mayores de 55 años representan el mayor porcentaje de los encuestados, mientras que las personas entre 25 y 35 años ocupan únicamente un 8,1% de las respuestas.

De este modo, si existe un sesgo de opinión relacionado con la edad (cosa que se analizará posteriormente), este tendrá bastante peso en los resultados de las siguientes preguntas.

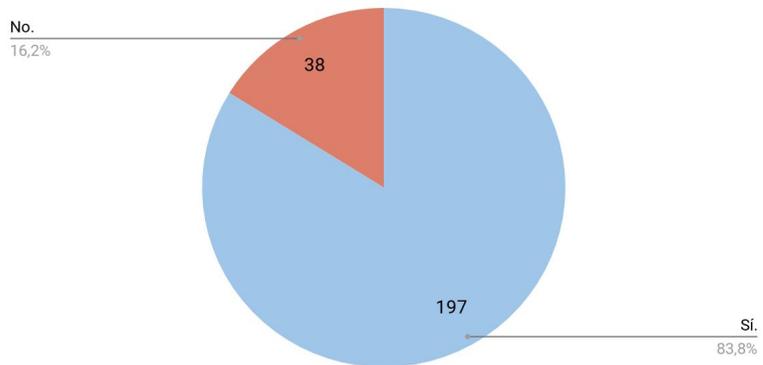


En las respuestas de la siguiente pregunta, se puede observar como gran parte de la población está informada sobre qué son los organismos transgénicos. De esto se deduce que las opiniones reflejadas están basadas en unos criterios mínimos.



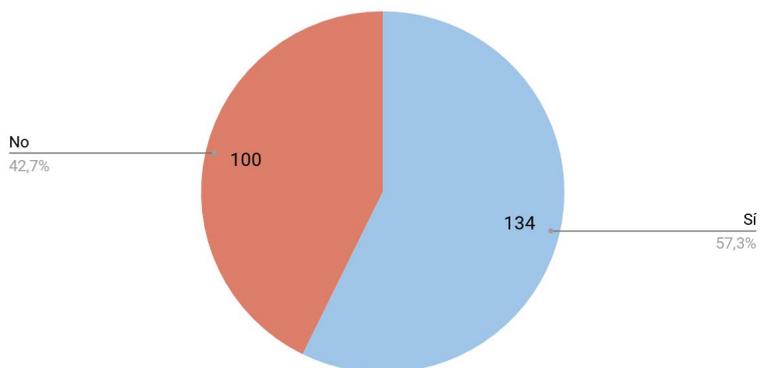
En este gráfico se muestra como generalmente, la mayoría de personas relaciona los cultivos transgénicos con las grandes empresas. Esta visión puede ser debida a la asociación de los productos ecológicos con el pequeño agricultor y el mercado local. En consecuencia, aquellos procesos con intervenciones humanas y tecnológicas se relacionan directamente con el gran empresario y un mercado más industrializado.

Relaciona los cultivos transgénicos con las grandes empresas?



Por otra parte, la opinión general en relación al sabor de los productos transgénicos se ve mucho menos sesgada que las analizadas anteriormente, con porcentajes más igualados. Aún así, la diferencia (14,6%) se decanta hacia la disminución del sabor del producto. Esto puede ser debido a la creencia de que, cuando se modifica genéticamente un alimento, este pierde propiedades relacionadas con el sabor natural del producto.

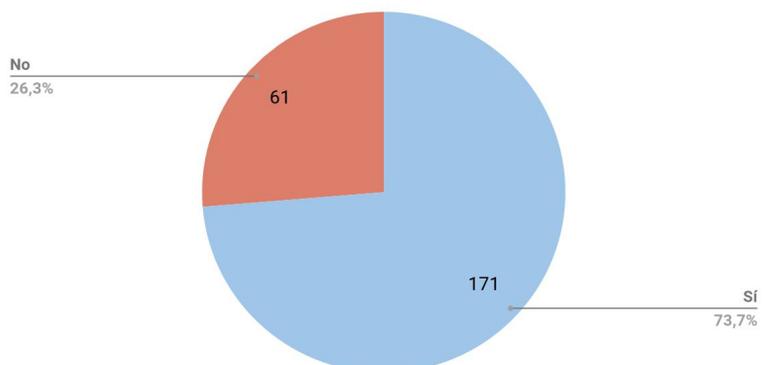
¿Cree que los cultivos transgénicos disminuyen el sabor del producto?



En el caso de la salud, se puede ver como la mayoría de las personas piensan que los alimentos transgénicos pueden ser perjudiciales en este aspecto.

La causa de este hecho puede ser la asociación de la modificación genética con procesos y productos químicos que afectan la calidad del alimento, con la correspondiente consecuencia de ser perjudiciales para el organismo.

¿Cree que los cultivos transgénicos pueden ser perjudiciales para la salud?

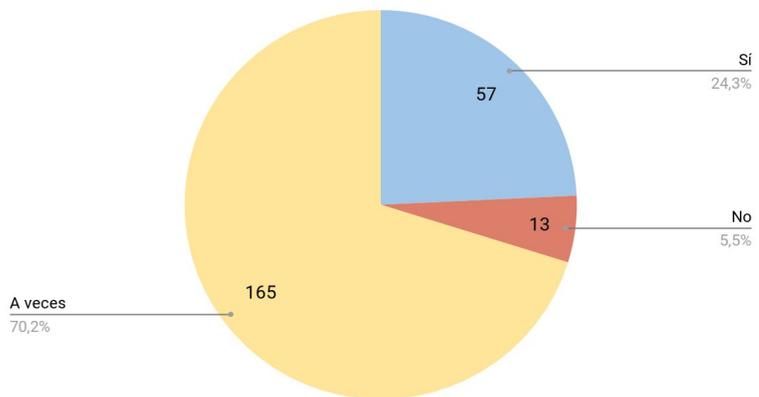


En esta pregunta, se puede apreciar claramente como la mayoría de las personas paga más por productos ecológicos o lo hace habitualmente. De este modo, se deduce que existe bastante concienciación social en relación a las posibles consecuencias de se cree que pueden tener los productos transgénicos. Estos resultados están altamente relacionados con los porcentajes obtenidos anteriormente, ya que resumen, de manera práctica, la opinión de la mayoría de personas.

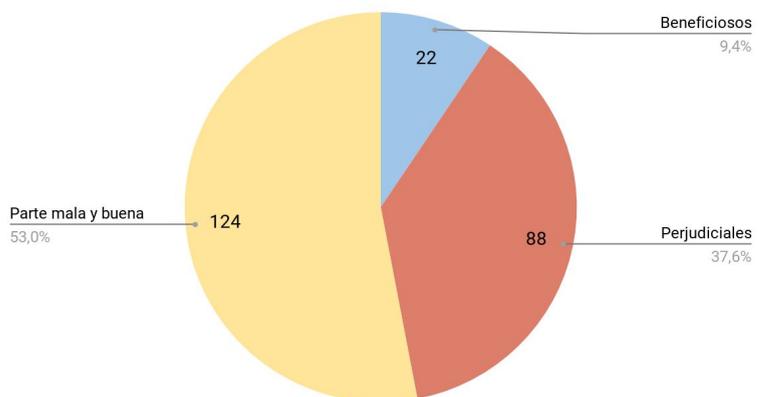
En esta misma línea, generalmente, se cree que estos organismos pueden tener efectos tanto positivos como negativos en el medio ambiente, cosa que puede depender de las modificaciones que sufran o como se traten. Aún así, el 37,6% de personas cree que son perjudiciales, debido a los mismos motivos que llevan a la conclusión que son perjudiciales para la salud o disminuyen el sabor final del producto.

La pregunta final resume la opinión general en relación a los cultivos transgénicos. En este punto, se aprecia como la mayoría de personas no es partidaria de este tipo de productos o es imparcial. Estos resultados concretos resumen los demás gráficos en una sola pregunta, donde sólo un 6% de los encuestados se muestra a favor de los productos transgénicos.

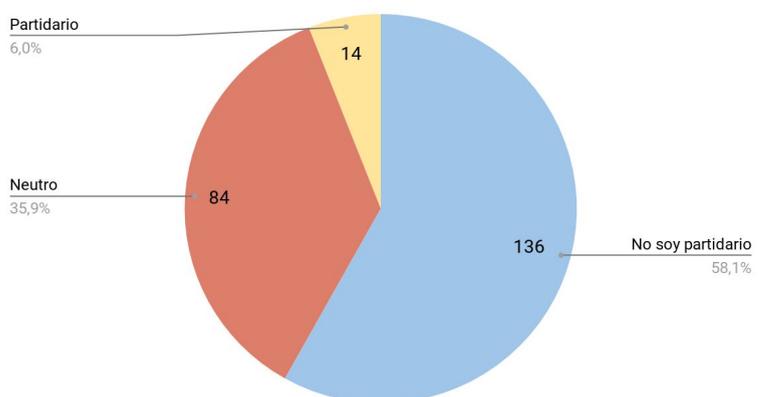
¿Está dispuesto a pagar más por un producto ecológico?



¿Cómo cree que afectan los transgénicos al medio ambiente?



¿Qué opina de los productos transgénicos?



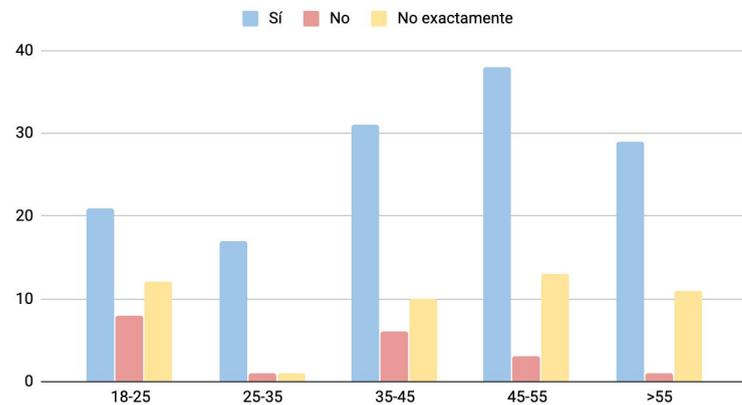
Analizando las respuestas por edades, se puede observar que el grupo con más conocimientos sobre los transgénicos son las personas de entre 25 y 35 años juntamente con los mayores de 45; mientras que los más jóvenes (18-25 años) son los que están menos informados.

Por otra parte, todos los grupos muestran una clara tendencia a relacionar los cultivos transgénicos con las grandes empresas. Aún así, las respuestas de las personas de entre 25 y 35 años se muestran más niveladas que las de los demás grupos. Esto puede ser resultado del hecho de que este grupo de edad ya ha crecido acostumbrado a un mercado más industrializado; por ello es probable que vea este tipo de prácticas como algo más normalizado y asequible a nivel cotidiano que el resto de personas.

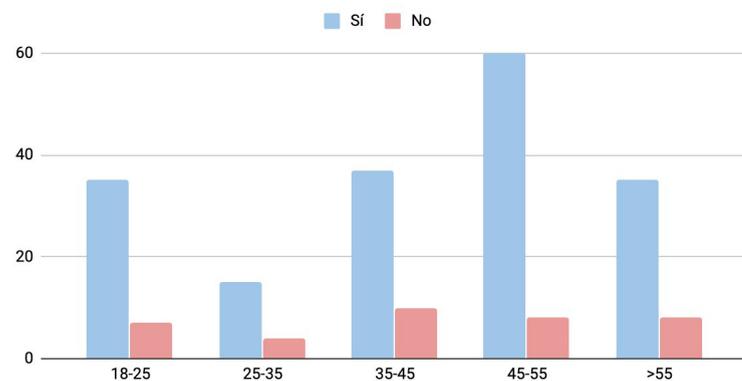
Siguiendo en otra línea, se puede observar que la opinión general en relación a la disminución del sabor del producto está mucho menos sesgada que las demás, como se ha comentado anteriormente. En la mayoría de los grupos analizados, la diferencia entre ambas opiniones es bastante poca. Aún así, entre las personas de entre 45 y 55 años sí que se

aprecia un escalón bastante más notorio que en los demás grupos. Esto puede ser debido a que estas personas han vivido un cambio importante en la sociedad, en consecuencia han pasado de consumir productos en el pequeño comercio a hacerlo en superficies industriales. Esto puede crear la sensación de que, con esta alteración, el producto también sufre modificaciones.

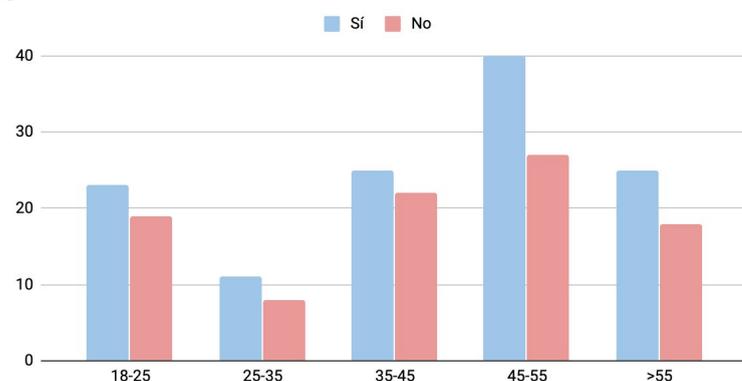
¿Conocía previamente la definición de transgénico?



¿Relaciona los cultivos transgénicos con las grandes empresas?



¿Cree que los cultivos transgénicos disminuyen el sabor del producto?



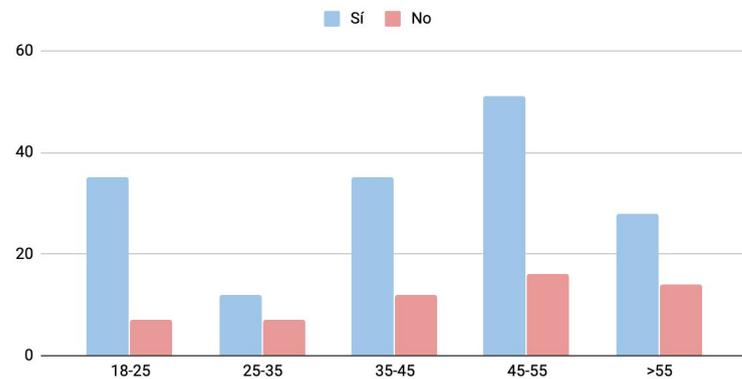
En el ámbito de la salud, se puede observar que las opiniones se ven igualmente sesgadas, aunque bastante menos entre las personas de entre 25 y 35 años. Esto se puede deber al mismo motivo que provoca que este mismo grupo no relacione tanto como los demás los cultivos transgénicos con las grandes empresas: el hecho de haber crecido en un mercado más industrializado provoca que no se tengan tan estigmatizados este tipo de cultivos.

En la siguiente pregunta, se aprecia como la gran mayoría de personas están dispuestas a pagar más por un producto ecológico si el precio es razonable. Se ve como, especialmente las personas de entre 45 y 55 años son las que más consumen cultivos ecológicos. Esto puede estar relacionado con los resultados de este mismo grupo de edad en cuanto al sabor del producto, el hecho de valorar los productos ecológicos por encima de los transgénicos en relación al cambio económico de las últimas décadas.

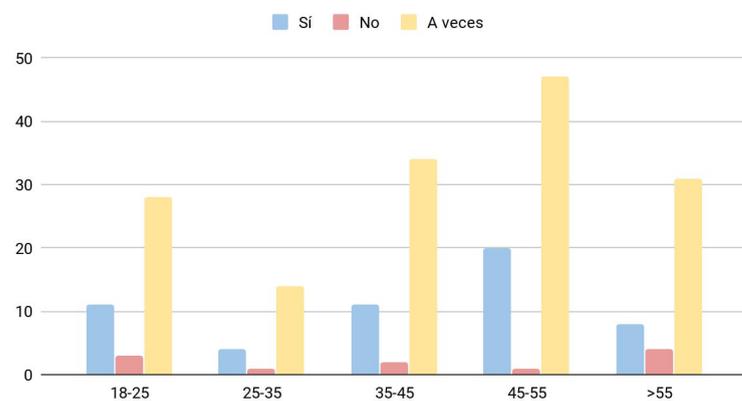
En otra línea, este mismo grupo de edad, juntamente con los mayores de 55 años, destaca por tener porcentajes muy igualados de personas que piensan que los transgénicos son perjudiciales a nivel medioambiental y de personas que piensan que hay

tantas ventajas como inconvenientes. No obstante, la mayoría de personas de entre 25 y 35 años concuerda en que los cultivos modificados son dañinos para el ecosistema. Por otra parte, entre los más jóvenes existe una opinión más sesgada, inclinada hacia el neutralismo en este aspecto. Estas

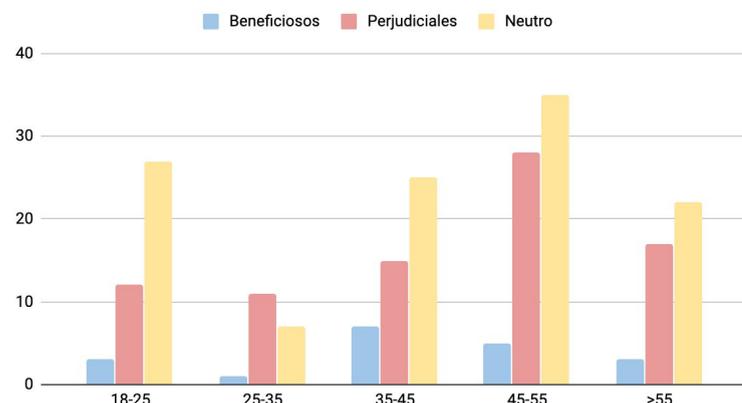
¿Cree que los cultivos transgénicos pueden ser perjudiciales para la salud?



¿Está dispuesto a pagar más por un producto ecológico?



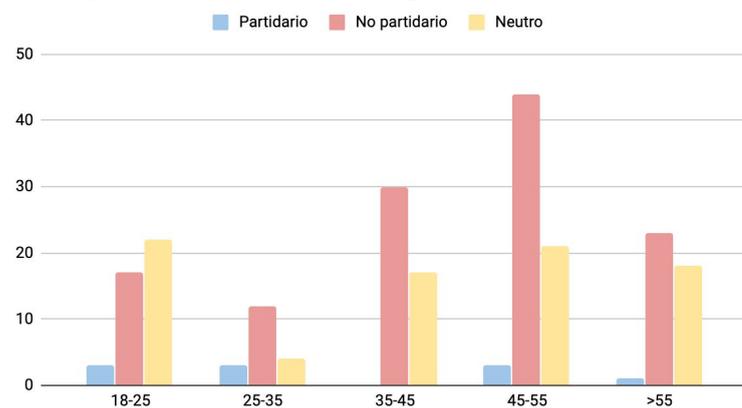
¿Cómo cree que afectan los transgénicos al medio ambiente?



diferencias se pueden dar por todos los factores mencionados anteriormente, los mismos que provocan las distinciones analizadas en las preguntas anteriores.

Por último, analizando las opiniones generales de las personas según su edad, se puede ver como, en todos los grupos, la mayoría de personas no es partidaria de los productos transgénicos, exceptuando a los más jóvenes. En este último grupo, la mayoría se posiciona neutralmente, aunque los porcentajes se ven muy igualados (cosa que también ocurre en los mayores de 55 años). Por otro lado, en los demás grupos existe una tendencia clara hacia el no ser partidario. Estas diferencias pueden ser resultado de que, simplemente, tanto los más mayores como los más jóvenes, ya han asumido los cultivos transgénicos como algo cotidiano, cada vez más habitual y no excepcional.

¿Qué opina de los productos transgénicos?



Introducción experimental: objetivos y conceptos fundamentales.

El objetivo principal del proyecto es comparar los cultivos ecológicos con los seleccionados artificialmente, teniendo en cuenta tantas variables como sea posible. De este modo, se han elegido 3 cultivos diferentes, cada uno con una variedad ecológica y otra escogida mediante selección artificial.

El primero de ellos es el rabanito redondo rojo, saxa en el caso de la variedad ecológica (*Raphanus sativus*). Las características que se indican en los envases para ambas variedades son las mismas: de 6 a 8 días para la germinación, con el sustrato a una temperatura aproximada de 6 °C, durante todo el año. Además, el modo de siembra indicado también es el mismo: separarlas unos 5 cm entre ellas. Sin embargo, según el fabricante, la cosecha en la variedad ecológica puede empezar a las 3 o 4 semanas, mientras que en la otra variedad, a partir de la cuarta o la quinta.

El siguiente cultivo es espinaca (*Spinacia oleracea*). En este cultivo concreto, las variedades son diferentes, pues la especie ecológica es la espinaca gigante de invierno, mientras que la otra variedad se trata de la espinaca butterfly. Aún así, el modo de siembra es el mismo (separar las semillas entre 10 y 15 cm.), al igual que las condiciones de germinación (de 10 a 12 días, a 8°C aproximadamente). No obstante, la cosecha en la variedad ecológica (que se puede sembrar entre setiembre y marzo) puede empezar a partir de los 3 meses, mientras que las espinacas butterfly (cultivables durante todo el año) se pueden recoger a partir de los 2 o 3 meses.

El último cultivo es otra variedad de rabanito: el rabanito medio largo rojo de punta blanca (también *Raphanus sativus*). Ambas variedades se pueden sembrar durante todo el año, con las semillas a

unos 5 cm. de distancia entre ellas, germinando a una temperatura de 6°C a los 6 o 8 días. Se cosecharán a partir de la cuarta o la quinta semana.

Para diferenciar los cultivos, tanto en la toma de datos como en las etiquetas de las jardineras, se utiliza el siguiente código:

- RRe: rabanito redondo rojo saxa ecológico.
- RRm: rabanito redondo rojo (selección especial).
- Ee: espinaca gigante de invierno ecológica.
- Em: espinaca butterfly.
- RLe: rabanito medio largo rojo de punta blanca ecológico.
- RLm: rabanito medio largo rojo de punta blanca.

Por otra parte, los 6 cultivos se han distribuido en 3 condiciones diferentes (exterior, invernadero y laboratorio), creando un total de 18 resultados diferentes a analizar.

Las variables medidas a lo largo de las semanas son la temperatura (tomada siempre entre las 13:00 y 15:00h.) y la medida de las plantas después de su germinación. De este modo, será posible comparar de forma más precisa el crecimiento y la producción de los cultivos.

Paralelamente, se ha comprobado la viabilidad de las semillas cultivándolas en placas de Petri, controlando el agua administrada de forma diaria. De esta forma, también se puede observar la germinación en todas sus etapas, pues en tierra sólo se pueden apreciar los brotes con las primeras hojas ya formadas. Todos los datos están registrados en una hoja de cálculo para poder ser analizados posteriormente.

Por otra parte, también se analizarán los resultados del experimento a nivel económico, teniendo en cuenta los costes y los beneficios que supondría sembrar y mantener cada uno de los cultivos. A nivel comparativo, se tendrán en cuenta factores como la producción, el crecimiento de las plantas o el tiempo necesario para realizar las cosechas. De este modo, se podrá concluir cuál de los vegetales es más recomendable en este aspecto.

Informe experimental.

Realización experimental.

Material utilizado.

Para llevar a cabo todo el proceso experimental, se han utilizado diversos materiales en las diferentes etapas del proyecto.

- Pala.
- 18 jardineras.
- 6 sacos de tierra de 50L.
- Semillas.
- Invernadero.
- Regadera.
- Vaso de precipitados.
- Termómetro.
- Cinta métrica.
- Móvil (toma de datos).
- Bridas.
- Cinta americana.
- Celo.
- Papel.
- Placas de Petri.
- Pipetas Pasteur.
- Papel de cocina.

Experiencia.

El experimento tuvo inicio el 25/02/2019. Este día se empezaron a sembrar 4 de los 6 cultivos ya en las tres condiciones escogidas: los RRm, los RRe, las Ee y las Em. Igualmente, la semana siguiente (8/03/2019) se sembraron los RLe y los RLm.

Para estos primeros pasos, simplemente se llenaron las jardineras con tierra, posteriormente oxigenada. Luego se sembraron en cada una las semillas correspondientes (3 por maceta en Ee y Em, y 5 por maceta en RRe, RRm, RLe y RLm), con cada maceta debidamente etiquetada, como se puede ver en el vídeo adjunto.

Por otra parte, el invernadero, una vez montado, fue reforzado con cinta americana y asegurado con bridas el día siguiente, ya que volcó a las pocas horas de ser utilizado.

Durante las semanas siguientes, se realizó un control diario de las diferentes variables establecidas para el proyecto: temperatura ambiental, cantidad de agua administrada, temperatura del substrato y medidas de las plantas, juntamente con otras observaciones que se pudieran realizar.

Para ello, se pusieron termómetros dentro de las macetas en cada una de las condiciones fisicoquímicas así como fuera de las jardineras, con el objetivo de medir tanto la temperatura ambiental como la del substrato. Todos estos datos fueron recogidos en hojas de cálculo, cosa que se explicará en el próximo apartado.

Paralelamente, se comprobó la viabilidad de las semillas sembrándolas en placas de Petri. De este modo, controlando la cantidad de agua administrada diariamente, se realizaba un conteo de las semillas que se habían abierto y los datos también se apuntaban en hojas de cálculo.

Toma de datos.

Durante la realización experimental, se han ido tomando toda una serie de datos claves tanto para la comprensión de los resultados del proyecto como para el desarrollo del mismo.

Primeramente, cabe definir qué variables se han seguido a lo largo del proyecto, y de qué modo. Así, la temperatura (tanto ambiente como del sustrato), la medida de las plantas y la cantidad de agua administrada han sido los aspectos más controlados durante el experimento.

Empezando por la temperatura, ha sido controlada de forma diaria, siempre medida entre las 13:00 y las 15:00h con el objetivo de analizar con mayor precisión la evolución de la meteorología, para ser valorada posteriormente al analizar los resultados experimentales.

Para la medición semanal de los brotes (a partir del 8/03/2019 en Ee, Em, RRe y RRm; y a partir del 15/08/2019 en RLe y RLm), se ha utilizado siempre la misma cinta métrica para mayor precisión, tomando como punto de referencia la parte más alta de la planta. De este modo, de manera semanal, se ha medido la altura de todos los brotes en cada una de las jardineras, realizando una media aritmética de las medidas de los brotes en cada maceta. Así ha sido posible analizar y comparar el crecimiento entre las especies cultivadas en las diferentes condiciones escogidas.

Por último, la cantidad de agua administrada no se ha controlado siguiendo una periodicidad, sino que se han regado los cultivos según la humedad del sustrato. De este modo, aunque no se haya seguido un patrón a la hora de aportar agua a las plantas, siempre que se ha hecho ha sido a todos los cultivos por igual. Así, las condiciones a las que se enfrentan las diferentes especies cultivadas son muy parecidas, hecho que hace más precisa la comparación entre los diferentes cultivos, objeto final del proyecto.

Todos los datos tomados durante las semanas que ha durado el proceso experimental han sido recogidos en 5 hojas de cálculo, que han permitido realizar los siguientes gráficos, que resumen los resultados finales del experimento.

Análisis de resultados.

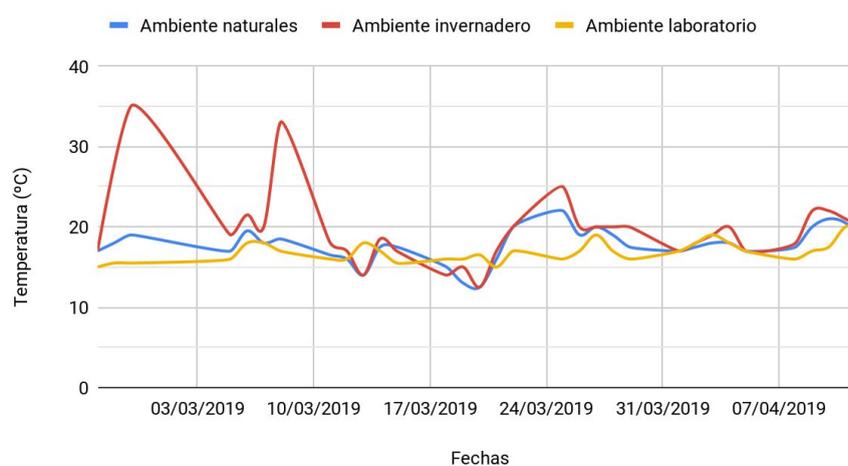
Antes de analizar los resultados obtenidos en el experimento, cabe decir que durante el proceso no se han utilizado ningún tipo de fertilizantes ni pesticidas en las plantas, con el objetivo de obtener las condiciones más estandarizadas posibles. A su vez, se ha utilizado exactamente la misma tierra en cada una de las condiciones establecidas, variando únicamente las temperaturas a las que estaban sometidos los individuos así como el agua administrada (dato importante que se tendrá en cuenta a la hora de sacar las conclusiones del proyecto).

Gráficos de temperatura.

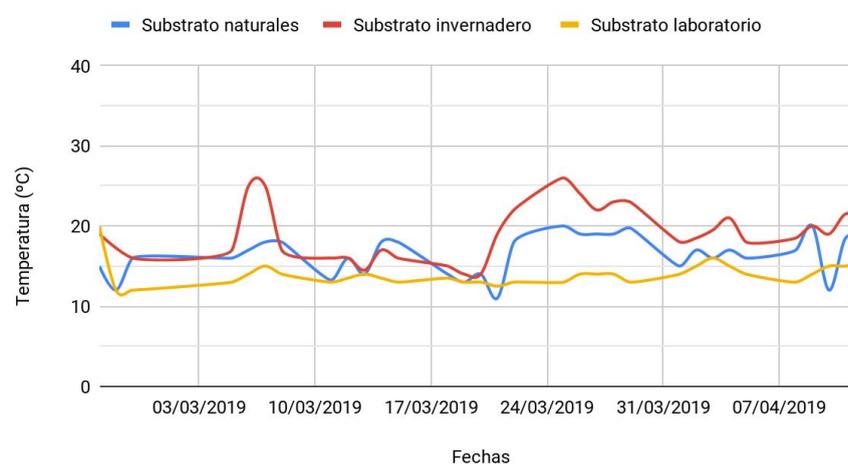
Como se puede ver en estos gráficos, las temperaturas a las que han sido sometidas las plantas son bastante distintas, tanto en el sustrato como en el ambiente. De este modo, se puede destacar el invernadero como la condición más cálida, mientras que el laboratorio ha sido la más fría.

Tanto en el ambiente como en el sustrato se puede apreciar que el invernadero ha sufrido más oscilaciones térmicas que el resto de condiciones. Contrariamente, las temperaturas más constantes se han dado en el laboratorio, sobretodo en el sustrato. En el siguiente apartado se analizará si esto afecta al crecimiento de los individuos y de qué forma.

Temperaturas generales: ambiente



Temperaturas generales: sustrato



A su vez, se puede ver como ambas temperaturas van relacionadas y siguen una tendencia bastante similar, aunque las ambientales siempre son un poco superiores a las del sustrato. Esto se debe a la humedad que proporciona el agua administrada a las plantas.

Gráficos de crecimiento: comparación entre condiciones.

Invernadero.

En el caso del invernadero, se puede apreciar como los RLe y RLm son las plantas más viables. Esto indica que, en los ambientes más cálidos y húmedos, son las especies que mejor se adaptan.

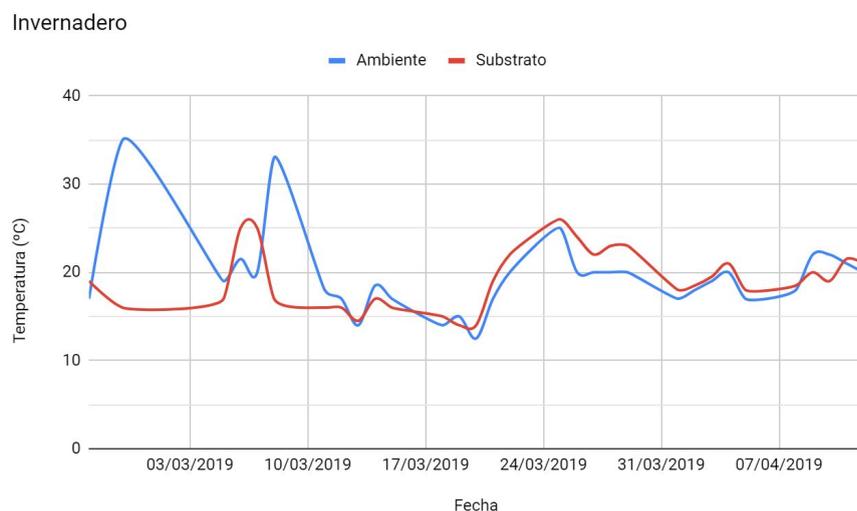
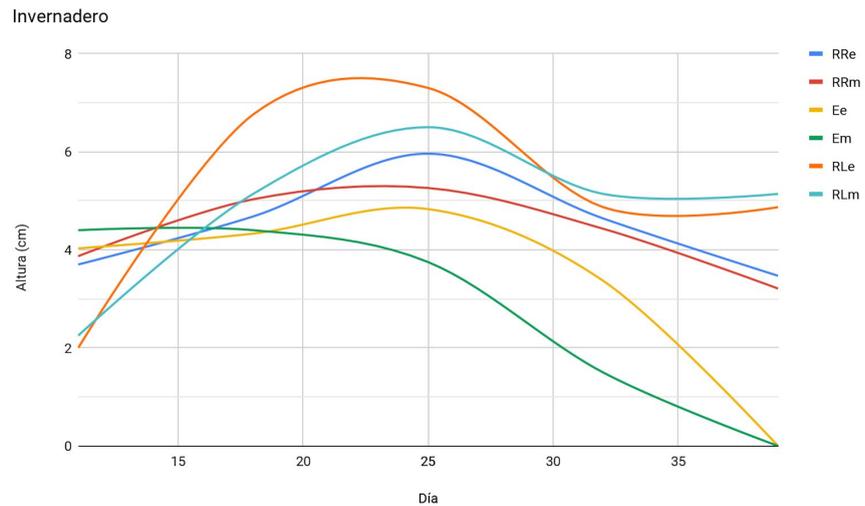
En las medidas finales no se aprecia mucha diferencia entre la variedad ecológica y la modificada, pero sí que es observable que los RLe presentan un crecimiento más explosivo que los demás.

Por otra parte, se puede ver como las Ee y Em son completamente inviables en este ambiente, puesto que al final del experimento habían muerto todas.

Esto indica que estas plantas necesitan ambientes más secos y fríos que los RL y RR, tanto ecológicos como modificados.

Si se compara el crecimiento con la temperatura, se puede observar, como se ha comentado antes, que en un ambiente de grandes oscilaciones térmicas, las curvas de crecimiento se ven más acentuadas que en otras condiciones, como se comentará posteriormente.

Con estos datos, se podría afirmar que, en este ambiente, las plantas más rentables son los RLe y RLm, ya que son los que presentan las mejores tendencias en cuanto al crecimiento. Igualmente,



cabría valorar la producción de las plantas; cosa que, por falta de tiempo y medios, no ha sido posible.

Asimismo, hacia el final del experimento, no se aprecian diferencias significativas entre las variedades ecológica y modificada de las plantas. Aún así, en el caso de los RR, los ecológicos muestran una medida ligeramente superior a los modificados; cosa contraria al caso de los RL, en el que los ecológicos se sitúan por debajo de los modificados. Sin embargo, estas diferencias no se consideran significativas a la hora de determinar un sesgo notable entre las dos variedades, puesto que son residuales.

Por otra parte, las plantas del invernadero han recibido agua 13 veces en 46 días que ha durado el experimento, por lo tanto, cada 3 o 4 días aproximadamente. Este agua, al igual que en las demás condiciones, ha sido administrada en función de las necesidades observadas en cada situación.

Condiciones naturales.

En las condiciones naturales, se puede observar un crecimiento mucho más lineal que en el invernadero.

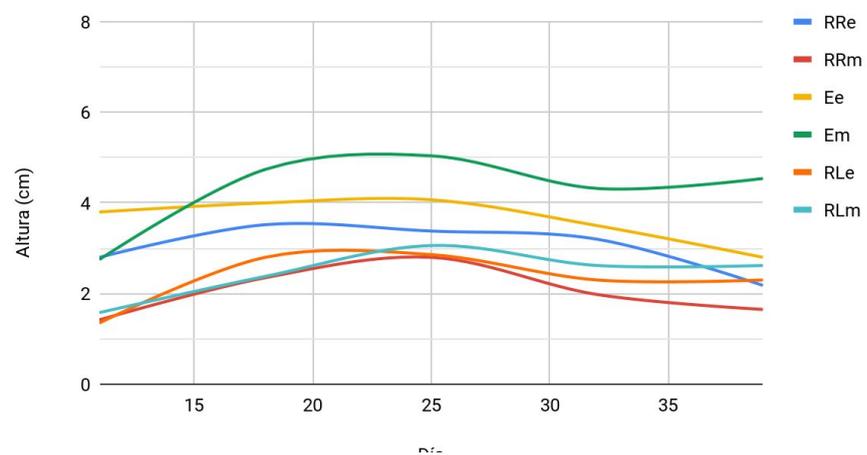
Esto puede estar relacionado con los gráficos térmicos, como se ha comentado anteriormente, puesto que, en estas condiciones, las oscilaciones térmicas han sido más suaves y no tan acentuadas.

Si nos centramos en los gráficos de crecimiento, se puede observar como las Em son el cultivo más rentable, con una notoria diferencia con los demás cultivos, incluso con las Ee.

Por otra parte, los cultivos menos viables

han resultado ser los RRm, los cuales se sitúan por debajo de la variedad ecológica, al igual que en el invernadero. Asimismo, los RLm resultan más viables que los RLe. Aún así, en ambos casos las diferencias entre la variedad ecológica y modificada no resultan exageradas. Contrariamente, la variedad ecológica de las espinacas se sitúa muy por debajo de la variedad modificada en cuanto al

Condiciones naturales



Condiciones naturales



crecimiento, ya desde los primeros momentos del experimento. De esta forma, se observa una diferencia muy clara entre ambas variedades, cosa que afectará a la producción de los cultivos. Este último aspecto, como se ha comentado, no se ha podido analizar por falta de recursos y tiempo.

Por último, las plantas sometidas a las condiciones naturales han recibido agua 14 veces en 46 días que ha durado el experimento. Es decir, el agua ha sido administrada cada 3 o 4 días aproximadamente.

Laboratorio.

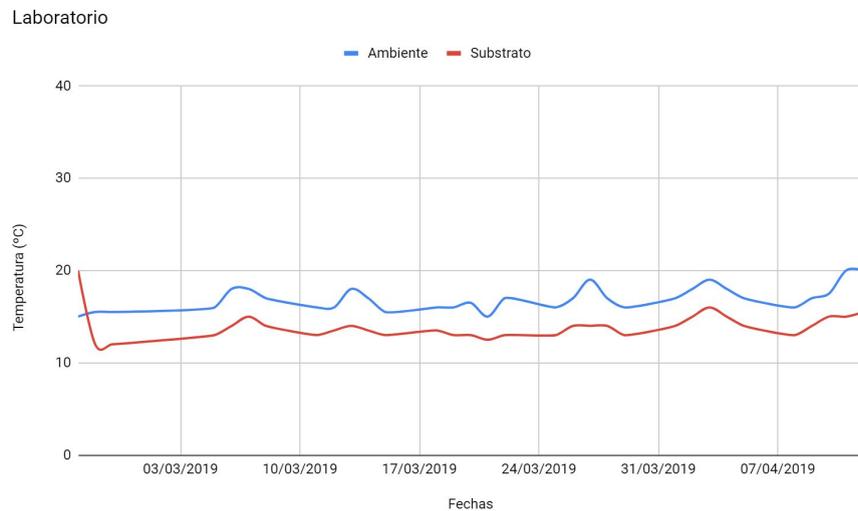
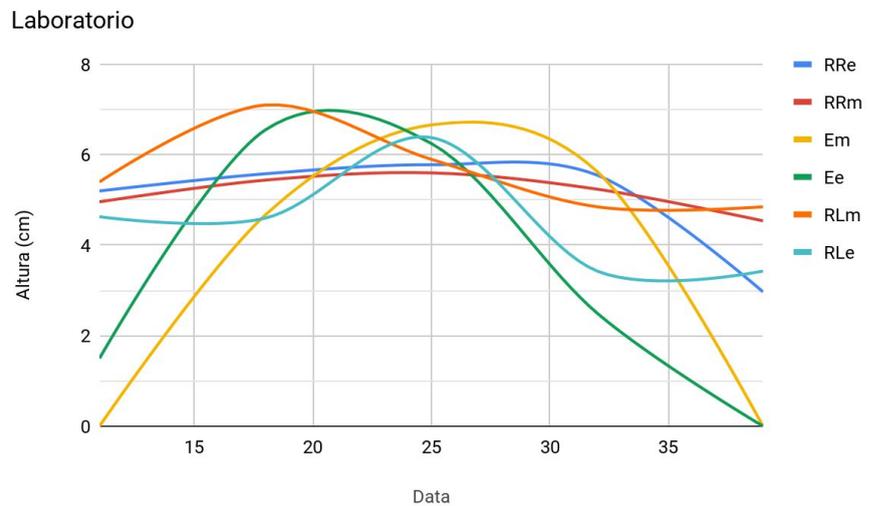
Por último, en el caso del laboratorio, los cultivos más rentables han resultado ser los RLM juntamente con los RRm. Curiosamente, a diferencia de en las demás condiciones, aquí sí que se aprecia una diferencia muy notable entre las variedades ecológicas y modificadas de las dos especies de rabanitos, dejando a los modificados por encima.

Igualmente, se puede apreciar como la tendencia de los RLM es más positiva que la de los RRm.

Al igual que en el invernadero, todas las espinacas han muerto al final del experimento. Estos resultados nos indican que estos cultivos

necesitan unas condiciones muy específicas, tanto de humedad como a nivel térmico. Contrariamente, se ha podido ver como los RL se adaptan con mayor facilidad a diferentes condiciones fisicoquímicas, ya que presentan buenas curvas de crecimiento en el invernadero y en el laboratorio y resultan viables en condiciones naturales.

Por otra parte, si comparamos el crecimiento de las plantas con la temperatura a la que han sido sometidas, se puede ver que, en unas condiciones más frías y constantes, el crecimiento de los individuos también es bastante lineal. Aún así, cabe destacar la tendencia de los RRe. Al principio del



experimento presentaban unas medidas muy constantes, incluso por encima de los RRm; pero hacia el final del proceso experimental empezaron a marchitarse.

Por otra parte, estas plantas han recibido agua 9 veces en 46 días, es decir, cada 5 días aproximadamente.

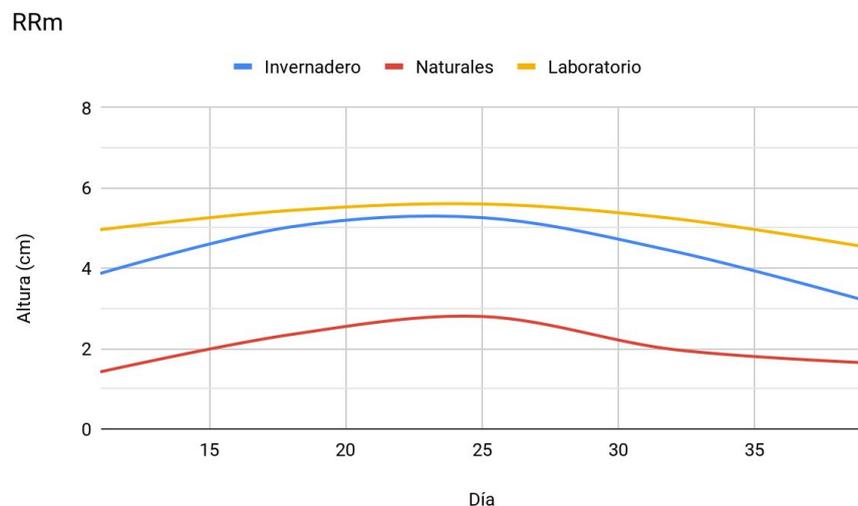
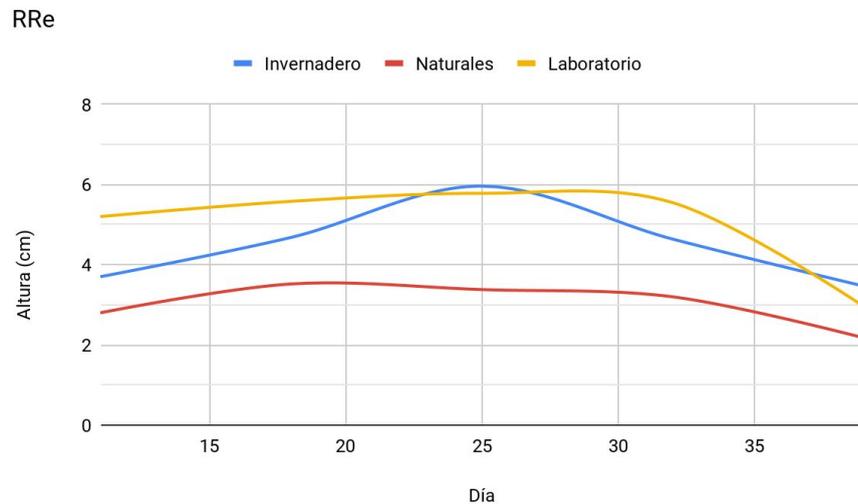
Gráficos de crecimiento: comparación entre variedades.

RR.

Si nos centramos en estudiar el crecimiento de las plantas comparándolas entre sus variedades ecológicas y modificadas, se puede observar como, en el caso del rabanito redondo rojo, no existen grandes diferencias entre las medidas de las plantas exceptuando el caso del laboratorio.

En estas condiciones, la variedad modificada ha mostrado una tendencia de crecimiento más buena que la de la variedad ecológica, que empezó a marchitarse hacia el final del experimento.

De este modo, teniendo en cuenta la temperatura de las diferentes condiciones escogidas, se puede afirmar que los RRm pueden mostrar más versatilidad y capacidad de adaptación a diferentes condiciones fisicoquímicas, sobretodo hacia ambientes más fríos.

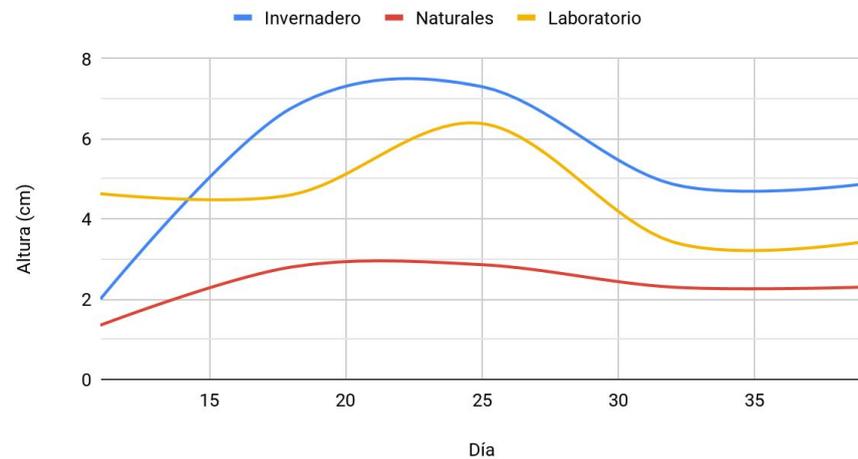


RL

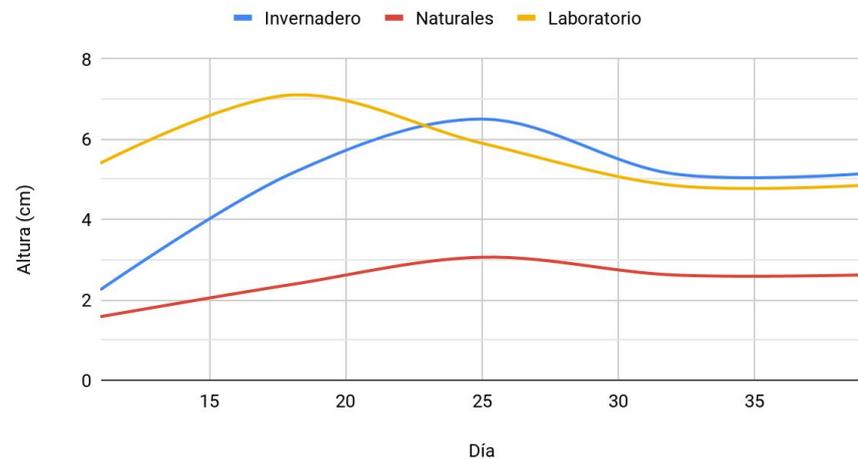
Como se puede ver en los gráficos, entre las variedades de RL existen más diferencias que en las anteriores.

Para empezar, en todas las condiciones, los RLe presentan un crecimiento más explosivo que los RLM. Sin embargo, al final del proceso experimental, las medidas de ambas variedades eran bastante similares, exceptuando el laboratorio. En estas últimas condiciones, los RLe presentan un crecimiento bastante menor que los RLM. La diferencia entre las medidas finales de ambas variedades es bastante notoria, cosa que indica una mayor adaptabilidad a diferentes ambientes (sobre todo en ambientes fríos, teniendo en cuenta las gráficas de temperatura) por parte de la variedad modificada.

RLe



RLm



Igualmente, como se ha comentado anteriormente, las diferencias entre ambas variedades en los demás ambientes son muy pequeñas como para afirmar que la modificación tiene un peso importante en el desarrollo de las plantas.

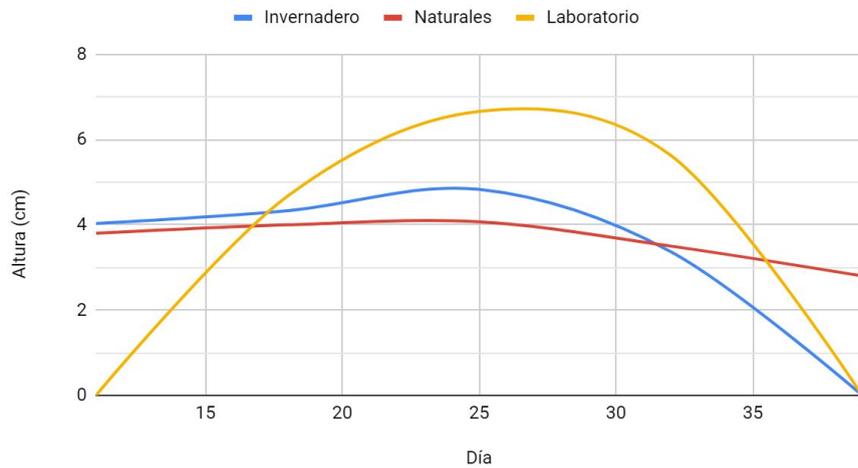
E.

Por último, analizando ambas variedades de espinacas, se puede observar como son totalmente inviables tanto en el laboratorio como en el invernadero, es decir, tanto en ambientes muy cálidos como en condiciones muy frías.

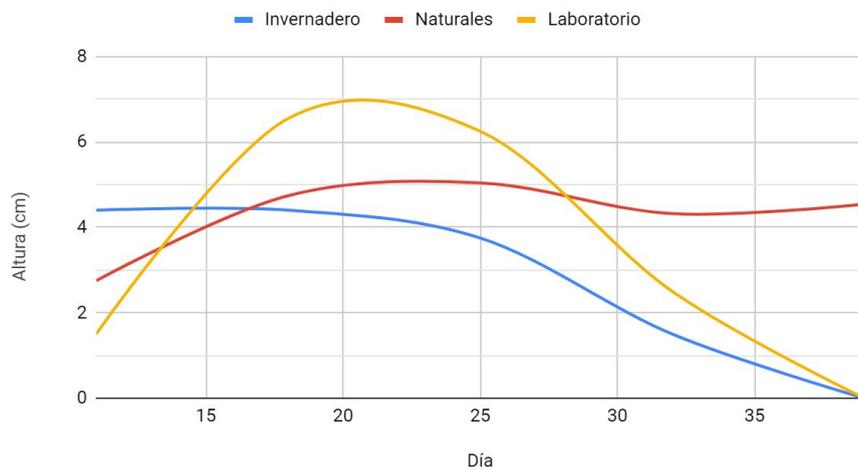
Esto indica una baja capacidad de adaptación a oscilaciones térmicas así como la necesidad de unas condiciones fisicoquímicas muy concretas.

Por otra parte, en las condiciones naturales, existe un sesgo importante entre las modificadas y las ecológicas. Se puede observar como la variedad Em presenta una curva de crecimiento mucho mejor que la variedad Ee; así como un crecimiento mucho más explosivo. De este modo, a diferencia de la mayoría de casos anteriores, se pueden establecer diferencias claras entre las dos variedades de un mismo cultivo.

Ee



Em



Conclusiones.

Castellano:

En este apartado, cabe enfatizar que, como se ha mencionado anteriormente, en este experimento no se han utilizado ningún tipo de pesticidas, insecticidas, fertilizantes o productos similares, para lograr las condiciones mayor estandarizadas posibles.

Una vez comentado este punto, se concluirá qué plantas son las más rentables en cada ambiente, teniendo en cuenta los gráficos de crecimiento expuestos en el apartado anterior así como la cantidad de agua administrada.

Empezando por el invernadero, como se ha mencionado anteriormente, las plantas más viables son los RL, dejando los resultados finales de los RLM ligeramente por encima de los RLe, aunque no sean diferencias significativas.

La parte negativa de este ambiente es su gran necesidad de administración de agua. Contrariamente, el laboratorio presenta unas necesidades mucho menores en este aspecto, pero unos resultados en RLM (la planta más rentable también en estas condiciones) prácticamente iguales.

De este modo, el invernadero queda descartado como ambiente candidato al más rentable, pues los resultados obtenidos en el laboratorio son bastante similares (incluso mejores en RR) aunque las necesidades hídricas sean menores.

Ahora, si se comparan los resultados del laboratorio con las condiciones naturales, vemos como en estas últimas todas las plantas son viables. Aunque el laboratorio presente unas mejores medidas, las plantas crecían mejor en las condiciones naturales, ya que las hojas en estas últimas eran mayores y tenían un color más vivo. Esto puede verse en la tendencia de las líneas de crecimiento de las gráficas: mientras que las del laboratorio presentan una tendencia a decrecer después de un pico, las de las condiciones naturales exponen una tendencia mucho más lineal y hacia el crecimiento continuo, sin picos notorios.

Por otra parte, el laboratorio presenta una menor necesidad de administración de agua que las condiciones naturales. Aún así, el crecimiento de las plantas en estas condiciones era notablemente deficiente en comparación a las otras.

En conclusión, las condiciones naturales son las más óptimas para el cultivo de estas tres especies de plantas, teniendo en cuenta sus tendencias de crecimiento. Sin embargo, por falta de tiempo no se han podido comparar estos resultados con la producción de frutos, una de las líneas pendientes en esta investigación.

Por otra parte, analizando las diferencias entre los cultivos ecológicos y transgénicos, no se ha visto un sesgo importante entre ambas variedades en los RR y RL, aún así, las pequeñas disimilitudes encontradas han sido en favor de los cultivos modificados.

Sin embargo, se ha determinado una gran diferencia entre las Ee y Em, siendo las Em más eficaces que las ecológicas.

Inglés:

In this section, it should be emphasized that, as mentioned above, no pesticides, insecticides, fertilizers or similar products have been used in this experiment to achieve the highest standardized conditions possible.

Once this point has been commented, it will be concluded which plants are the most profitable in each environment, taking into account the growth charts shown in the previous section as well as the amount of water administered.

Starting from the greenhouse, as mentioned above, the most viable plants are the RL, leaving the final results of the RLm slightly above the RLe, although there are not significant differences.

The negative part of this environment is its great need for water management. Contrarily, the laboratory presents much smaller needs in this aspect, but the results in RLm (the most profitable plant also in these conditions) are practically equal.

In this way, the greenhouse is discarded as the most profitable environment, because the results obtained in the laboratory are quite similar (even better in RR) although the water needs are lower in this one.

Now, if we compare the results of the laboratory with natural conditions, we see how in the last one all the plants are viable. Although the laboratory presents better measures, the plants grew better under natural conditions, since the leaves were larger and had a more vivid color. This can be seen in the tendency of the growing lines of the graphs: while the laboratory ones have a tendency to decrease after a peak, the ones of natural conditions exhibit a much more linear trend and towards continuous growth, without noticeable peaks .

On the other hand, the laboratory presents a lower need for water administration than natural conditions. Even so, the growth of the plants in these conditions was remarkably deficient in comparison to the others.

In conclusion, the natural conditions are the most optimal conditions for the cultivation of these three species of plants, taking into account their growth trends. However, due to lack of time, these results could not be compared with the fruits production, one of the pending lines in this research.

On the other hand, analyzing the differences between organic and transgenic crops, there has not been an important bias between both varieties in the RR and RL, even so, the small dissimilarities found have been in favor of modified crops.

However, a great difference between the Ee and Em has been determined, the Em being more effective than the ecological ones.

Catalán:

En aquest apartat, cal enfatitzar que, com s'ha mencionat anteriorment, en aquest experiment no s'han utilitzat cap tipus de pesticides, insecticides, fertilitzants o productes similars per assolir les condicions més estandaritzades possibles.

Una vegada comentat aquest punt, es conclourà quines plantes són les més rentables en cada ambient, tenint en compte els gràfics de creixement exposats en l'apartat anterior, així com la quantitat d'aigua administrada.

Començant per l'hivernacle, com s'ha mencionat anteriorment, les plantes més viables són les RL, deixant els resultats finals dels RLm lleugerament per damunt dels RLe, encara que no siguin diferències significatives.

La part negativa d'aquest ambient és la seva gran necessitat d'administració d'aigua. Contràriament, el laboratori presenta unes necessitats molt menors en aquest aspecte, però uns resultats en RLm (la planta més rentable també en aquestes condicions) pràcticament iguals.

D'aquesta manera, l'hivernacle queda descartat com a ambient candidat al més rentable, ja que els resultats obtinguts en el laboratori són bastant similars (fins i tot millors que en RR) encara que les necessitats hídriques en siguin menors.

Ara, si es comparen els resultats del laboratori amb les condicions naturals, veiem com en aquestes darreres, totes les plantes són viables. Encara que el laboratori presenti unes millors mesures, les plantes creixien millor en les condicions naturals, ja que les fulles en aquestes darreres eren més grosses i tenien un color més viu. Això es pot veure en la tendència de les línies de creixement de les gràfiques: mentre que en les del laboratori presenten una tendència a decreixer després d'un pic, les de les condicions naturals exposen una tendència molt més lineal i enfocada al creixement continu, sense pics destacables.

Per una altra part, el laboratori presenta una menor necessitat d'administració d'aigua que les condicions naturals. Encara així, el creixement de les plantes en aquestes condicions era notablement deficient en comparació a les altres.

Com a conclusió, les condicions naturals són les més òptimes per al cultiu d'aquestes tres espècies de plantes, tenint en compte les tendències de creixement. Tot i això, per falta de temps, no s'han pogut comparar aquests resultats amb la producció de fruits, una de les línies pendents en aquesta investigació.

Per una altra part, analitzant les diferències entre els cultius ecològics i transgènics, no s'ha vist un biaix important entre ambdues varietats en els RR i RL, encara així, les petites dissimilituds trobades han estat a favor dels cultius modificats.

Tot i això, s'ha determinat una gran diferència entre el Ee i Em, essent les Em més eficaces que les ecològiques.

Debate.

En base a las ventajas y desventajas de los transgénicos mencionadas anteriormente, se pueden establecer dos posturas principales al respecto.

En cuanto a la modificación genética como herramienta para hacer resistentes a los cultivos a determinados agentes, se encuentran al menos dos posibles casos. Uno de ellos es proporcionar resistencia a ciertas entidades biológicas como parásitos con el objetivo de evitar el uso excesivo de pesticidas. Este hecho se considera una ventaja, pues el ecosistema se ve menos afectado y, a nivel económico, el mantenimiento de los cultivos resulta menos costoso. Asimismo, se evita la filtración de estos productos químicos a fuentes de agua potable así como la permanencia de residuos químicos en los productos destinados al consumidor.

Por otra parte, la modificación genética enfocada a la resistencia a pesticidas de amplio espectro supondría el aumento del uso de estos productos químicos, y, en consecuencia, de todos los hechos mencionados anteriormente.

Por otra parte, la salud humana es otro de los puntos a tratar en cuanto a la modificación genética. Si se produjeran alimentos más nutritivos, este campo podría resultar una solución a los problemas de hambre que se sufren en ciertos países, siempre que sea de una forma muy controlada y supervisada, para asegurar la probidad de las modificaciones, y evitar así el beneficio de las grandes empresas destinando los alimentos a su objetivo inicial.

En esta misma línea, la modificación de alimentos podría suponer la introducción de alérgenos en los productos, ya que los OGM podrían producir sustancias antes no sintetizadas y que por lo tanto, al ser nuevas, sería posible que no constaran en el etiquetado.

Por otro lado, en los campos de monocultivo existiría una menor variabilidad genética, ya que las grandes empresas productoras de OGM comercian con semillas de las mismas características genéticas, que se mantendrían al reproducirse. Además, en estos campos se podría producir una polinización cruzada, que podría tener como consecuencia una transferencia de genes entre distintas especies.

Asimismo, hay estudios que afirman que los transgénicos tienden a enfermar con mayor frecuencia, hecho que desemboca en un mayor uso de antibióticos, llegando a un abuso de estos fármacos, con todas las consecuencias que conlleva.

Según nuestros resultados experimentales, la rentabilidad de los cultivos transgénicos, aunque mínimamente, es mayor a la de los cultivos ecológicos, hecho que se considera una ventaja. Aún así, esta eficacia solo beneficia a las grandes empresas, que son las que poseen las patentes de los productos, perjudicando al pequeño agricultor.

Por último, cabe determinar si las ventajas que aportan los cultivos transgénicos son lo suficientemente relevantes como para asumir las consecuencias que conllevan. En este punto, entra en juego la opinión personal y el juicio de cada uno.

Plan de difusión de resultados.

Para la difusión de nuestros resultados experimentales, hemos creado una página web con los apartados principales del proyecto, donde se ha adjuntado el vídeo a modo de introducción al trabajo así como la dirección de correo electrónico y los enlaces a nuestras redes sociales (instagram y twitter). Allí también hemos publicado el enlace de nuestra página y fotos durante el proceso del proyecto.

Bibliografía.

- La Vanguardia.
- Tekonautas.
- MonsantoGlobal.com.
- Intagri.com.
- Bioecoactual.com.
- Tierra.org.
- Blogs.elconfidencial.es.
- Eldiario.es.
- Ocu.org.
- La Hiperactina (canal de YouTube).
- Agrobio.org.
- Wikipedia.
- "Biología para Dummies".
- ISAAA
- Vox (Diccionario)

