

MATERIA  
Fisioloxía Vexetal

TITULACIÓN  
Grao en Enxeñaría Agrícola e Agroalimentaria

unidade  
didáctica  
5

# Introdución á Biotecnoloxía vexetal

M<sup>a</sup> Carmen Rodríguez Gacio

Fisioloxía Vexetal  
Departamento Bioloxía Funcional  
Escola Politécnica Superior

unidadesdidácticas  
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA



# DESCATALOGADO



Esta obra atópase baixo unha licenza internacional Creative Commons BY-NC-ND 4.0. Calquera forma de reprodución, distribución, comunicación pública ou transformación desta obra non incluída na licenza Creative Commons BY-NC-ND 4.0 só pode ser realizada coa autorización expresa dos titulares, salvo excepción prevista pola lei. Pode acceder Vde. ao texto completo da licenza nesta ligazón: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.gl>



Esta obra se encuentra bajo una licencia internacional Creative Commons BY-NC-ND 4.0. Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra no incluida en la licencia Creative Commons BY-NC-ND 4.0 solo puede ser realizada con la autorización expresa de los titulares, salvo excepción prevista por la ley. Puede Vd. acceder al texto completo de la licencia en este enlace: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



This work is licensed under a Creative Commons BY NC ND 4.0 international license. Any form of reproduction, distribution, public communication or transformation of this work not included under the Creative Commons BY-NC-ND 4.0 license can only be carried out with the express authorization of the proprietors, save where otherwise provided by the law. You can access the full text of the license at <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>

## Deseño e maquetación

J. M. Gairí

## Edita

Servizo de Publicacións e Intercambio Científico  
da Universidade de Santiago de Compostela  
[usc.es/publicacions](http://usc.es/publicacions)

ISBN

978-84-16954-54-4

DOI

<http://dx.doi.org/10.15304/9788416954544>

**MATERIA: Fisioloxía Vexetal**

**TITULACIÓN: Grao en Enxeñaría Agrícola e Agroalimentaria**

PROGRAMA XERAL DO CURSO

Localización da presente unidade didáctica

**Unidade I. Relacións hídricas, nutrición e transporte nas plantas**

**Unidade II. Control do rendemento biolóxico e económico das plantas**

**Unidade III. Fisioloxía do desenvolvemento: control endógeno e exógeno**

**Unidade IV. Fisioloxía en condicións de estrés**

**Unidade V. Introdución á Biotecnoloxía vexetal**

Biotecnoloxía: definición e historia

Biotecnoloxía vexetal

Aplicacións das plantas transxénicas

Aceptación e seguridade dos cultivos transxénicos

## ÍNDICE

---

### PRESENTACIÓN

Xustificación da unidade temática no contexto da materia e da titulación  
Duración e destinatarios

### OBXECTIVOS

### METODOLOXÍA

### CONTIDOS

1. Biotecnoloxía: definición e historia
2. Biotecnoloxía vexetal
  - 2.1. Enxeñaría xenética
    - 2.1.1. Illamento do xene de interese
    - 2.1.2. Clonación de xenes de interese en vectores
    - 2.1.3. Transferencia e integración do xene no xenoma da planta
  - 2.2. Cultivo de tecidos «in vitro»
3. Aplicacións das plantas transxénicas
4. Aceptación e seguridade dos cultivos transxénicos

### ACTIVIDADES PROPOSTAS

### AVALIACIÓN

### BIBLIOGRAFÍA

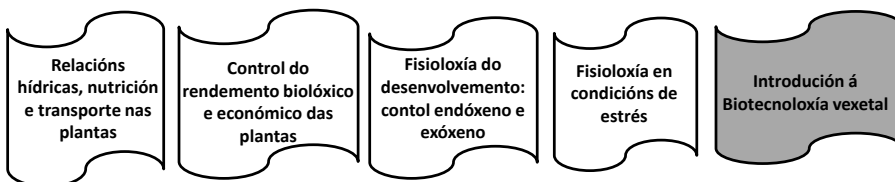
Recursos en internet

## PRESENTACIÓN

Esta unidade didáctica denominada «Introdución á Biotecnoloxía vexetal» forma parte da materia «Fisioloxía vexetal» que se imparte no primeiro semestre do 2º curso do Grao en «Enxeñaría Agrícola e Agroalimentaria». Nesta materia estúdanse os distintos procesos fisiolóxicos que acontecen nas plantas. Nunha primeira parte, analízanse as propiedades físicas e químicas da auga e o transporte da auga e os nutrientes na planta. Posteriormente, trátase dos factores endóxenos e exóxenos que regulan a fotosíntese. A continuación, estúdase a regulación exóxena e endóxena do desenvolvemento das plantas e como é a fisioloxía da planta en condicións de estrés. Por último, faise unha introdución á Biotecnoloxía vexetal.

Polo tanto, a materia estrutúrase en diferentes unidades didácticas que corresponde a diferentes temas como se amosa no seguinte esquema (Figura 1).

**Figura 1. Relación das unidades didácticas da materia**



Fonte: Elaboración propia

Na Unidade Didáctica «Introdución á Biotecnoloxía vexetal» preténdese analizar as técnicas utilizadas na Biotecnoloxía vexetal e as aplicacións das plantas transxénicas.

### Xustificación da unidade temática no contexto da materia e da titulación

A Fisioloxía vexetal axuda a comprender como está formada a planta en canto á súa estrutura celular, molecular e de tecidos. Estes coñecementos son necesarios para a Biotecnoloxía vexetal que fai posible a manipulación xenética e mellora das especies en distintos aspectos como: a resistencia aos axentes externos, o aumento progresivo na produción agrícola, a mellora da calidade alimenticia, entre outros. Polo tanto, este tema ten unha importante repercusión na Agronomía e nas actividades do profesional da Enxeñaría Agrícola.

### Duración e destinatarios

Os contidos desta unidade didáctica van dirixidos ao alumnado do Grao en «Enxeñaría Agrícola e Agroalimentaria» que teñen coñecementos previos de Bioloxía. Esta unidade serán impartidos en cinco horas: dúas horas de docencia teórica, dúas horas de prácticas de laboratorio e unha hora de titoría.

**OBXECTIVOS**

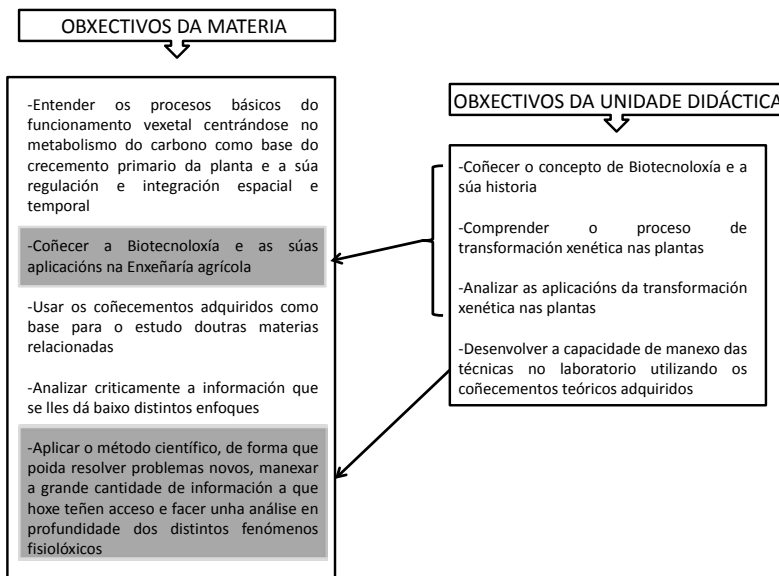
Dentro da materia de Fisioloxía Vexetal, será necesario acadar uns **obxectivos xerais** (Figura 2):

- Entender os procesos básicos do funcionamento vexetal centrándose no metabolismo do carbono como base do crecemento primario da planta e a súa regulación e integración espacial e temporal;
- Coñecer as aplicacións da Biotecnoloxía na Enxeñaría agrícola;
- Usar os coñecementos adquiridos como base para o estudo doutras materias relacionadas;
- Analizar criticamente a información que se lles dá baixo distintos enfoques;
- Aplicar o método científico, de forma que poida resolver problemas novos, manexar a grande cantidade de información a que hoxe teñen acceso e facer unha análise en profundidade dos distintos fenómenos fisiolóxicos;

Os **obxectivos** que se pretenden alcanzar nesta **unidade didáctica** «Introdución á Biotecnoloxía vexetal» (Figura 2):

- Coñecer o concepto de Biotecnoloxía e a súa historia;
- Comprender o proceso de transformación xenética nas plantas;
- Analizar as aplicacións da transformación xenética nas plantas;
- Desenvolver a capacidade de manexo das técnicas no laboratorio utilizando os coñecementos teóricos adquiridos;

**Figura 2. Relación dos obxectivos da materia cos obxectivos da unidade didáctica**



Fonte: Elaboración propia

## **METODOLOXÍA**

---

Os **contidos teóricos** desta unidade didáctica desenvolveranse en dúas sesións de clases expositivas dunha hora cada unha. Estas clases maxistras impartiranse na aula ao grupo completo utilizando presentacións como guía para a exposición que estarán dispoñibles para o alumnado na USC virtual para o seguimento. Por outra banda, o encerado usarase para resolver algunha dúbida ou para explicar algún concepto.

As **prácticas** terán lugar no laboratorio en dúas horas, repartidas en varios días. Na USC virtual, o alumno terá dispoñible o protocolo de prácticas que debería de ler antes da sesión de prácticas para poder preguntar todas as dúbidas ao profesor. O alumnado traballará en parellas para fomentar o traballo en equipo e a distribución de tarefas. Ao finalizar as prácticas, cada alumno elaborará unha memoria de cada práctica que contará cos seguintes apartados: unha breve introdución, materiais e métodos utilizados, resultados da práctica e resolución das cuestións.

A **titoría** desta unidade consta dunha sesión dunha hora onde os alumnos terán que responder a algunhas cuestións relacionadas co tema. Posteriormente, os alumnos corruxirán e cualificarán as cuestións dun compañeiro, desenvolvendo competencias transversais como a actitude analítica e crítica.

## **CONTIDOS**

---

A continuación describiremos os contidos desta unidade didáctica dividida nos seguintes apartados:

### **1. Biotecnoloxía: definición e historia**

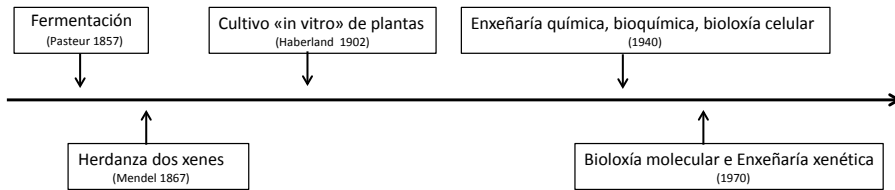
A Biotecnoloxía é o uso e manipulación de organismos vivos, ou substancias obtidas deles, para desenvolver novos produtos de valor para a humanidade ou porque resolan algún problema existente.

Aínda que o termo de Biotecnoloxía apareceu hai poucos anos, xa se practicaba hai miles de anos (Biotecnoloxía tradicional) coa domesticación de plantas e animais no Neolítico (Crianza selectiva) e 4000 anos antes de cristo xa se utilizaban organismos vivos (fermentación) para a obtención de queixo, viño, pan, iogurt, vinagre, entre outros.

Os avances na xenética deron lugar á Biotecnoloxía moderna. A continuación describiremos algúns fitos históricos que contribuíron ao desenvolvemento da Biotecnoloxía moderna (Figura 3).

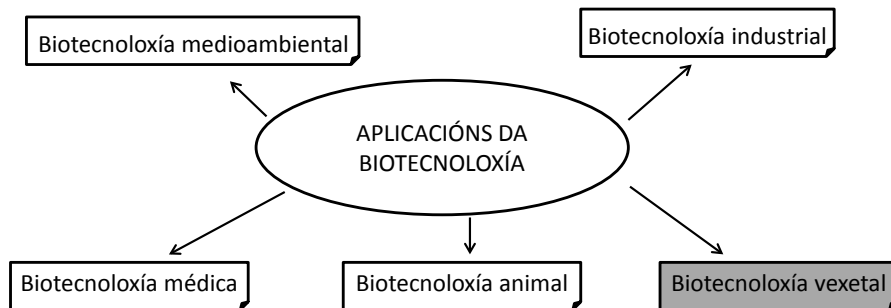
A Biotecnoloxía moderna é unha das ciencias interdisciplinares máis importantes do século XXI e posúe un gran número de aplicacións (Figura 4).

**Figura 3. Fitos históricos para o desenvolvemento da Biotecnoloxía moderna**



Fonte: Elaboración propia

**Figura 4. Aplicacións da Biotecnoloxía moderna**



Fonte: Elaboración propia

## 2. Biotecnoloxía vexetal

Segundo a OCDE (Organización para a Cooperación e Desenvolvemento Económico), a *Biotecnoloxía vexetal* é a aplicación da ciencia e da tecnoloxía das plantas, as súas partes, produtos e modelos co fin de alterar materiais vivos ou inertes para o desenvolvemento de coñecemento, bens e servizos.

A Biotecnoloxía vexetal permite desenvolver plantas transxénicas cuxo xenoma foi modificado ben porque se introduciron un ou varios xenes novos ou porque se modificou a función dun xene propio. Polo tanto, a Biotecnoloxía vexetal permite unificar a Enxeñaría xenética e o cultivo «in vitro».

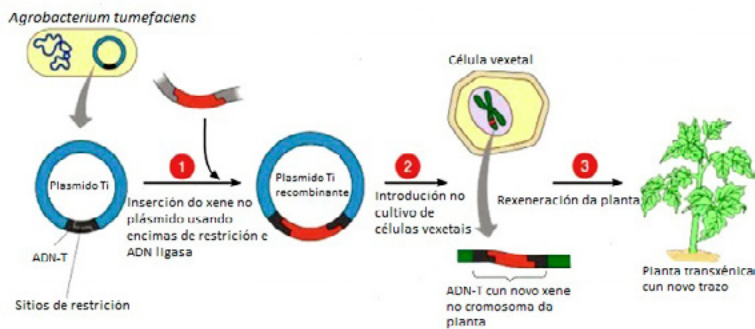


## 2.1. Enxeñaría xenética

Neste apartado analizaranse as técnicas utilizadas na Enxeñaría xenética das plantas. Estas técnicas permitirán introducir xenes foráneos ou copias de xenes propios na célula para producir proteínas novas ou proteínas que se producirán en baixa concentración obtendo plantas con novos trazos. A continuación describiremos os distintos pasos a seguir (Figura 5):

- Illamento do xene de interese.
- Clonación de xenes de interese en vectores.
- Transferencia e integración do xene no xenoma da planta.

**Figura 5. Transformación mediada por *Agrobacterium tumefaciens***



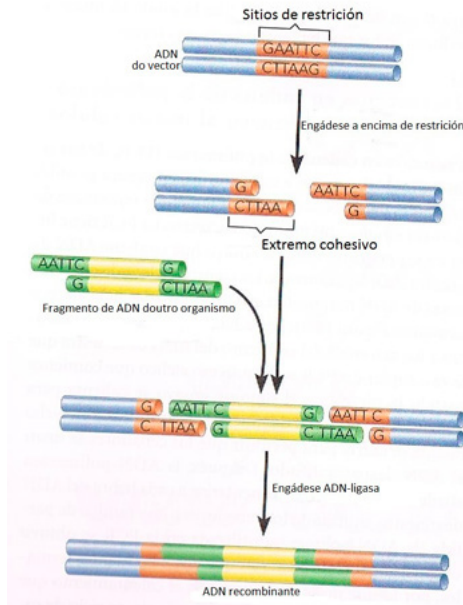
Fonte: Adaptado de Rani e Usha, 2013

### 2.1.1. Illamento do xene de interese

Análizase o proceso de illamento dun xene de interese. Para iso é necesario utilizar encimas de restrición para cortar o xene e o vector (axente que transporta un xene dun organismo a outro). Hai distintos vectores utilizados para a clonación, os máis frecuentes son os plásmidos que son moléculas de ADN circular de dobre febra que se autorreplican e herdán de forma independente ao ADN cromosómico.

Polo tanto, ámbolos fragmentos de ADN posuirán extremos cohesivos complementarios que se unirán de forma permanente mediante a acción da ADN-ligasa. O ADN resultante da combinación do ADN de distintas fontes denomínase ADN recombinante (Figura 6).

Figura 6. Creación do ADN recombinante



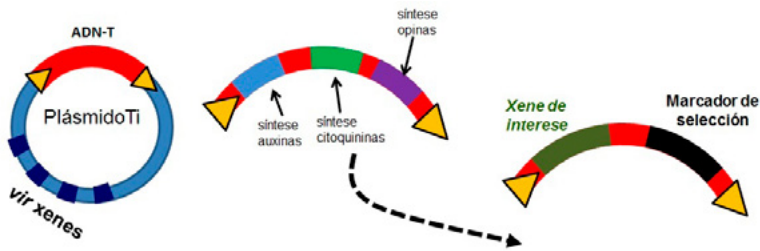
Fonte: Adaptado de Nabors, 2006

Necesítanse moitas copias do xene que se vai transferir para crear unha planta transxénica. Polo tanto, prodúcese múltiples copias do ADN recombinante mediante un proceso denominado clonación de xenes.

### 2.1.2. Clonación de xenes de interese en vectores

Explicarase o proceso de clonación de xenes. O plásmido máis utilizado en plantas é o plásmido Ti de *Agrobacterium tumefaciens* (Figura 7). A rexión do plásmido que se transfere á célula hóspede, denomínase ADN-T ou T-DNA (ADN de transferencia). Nela, atópanse xenes para a síntese de auxinas e citoquininas (responsables da formación do tumor) e de opinas (principal fonte de nutriente de *A. tumefaciens*). Ademais o plásmido Ti posúe xenes de virulencia encargados de transferir e protexer o ADN-T. O ADN-T desármase, quitando os xenes de sínteses de auxinas, citoquininas e opinas, e incluíndo o/os xene(s) de interese (os que se queren expresar na planta transxénica) e algún xene que nos permita saber se o xene de interese se incorporou ou non no xenoma vexetal (marcador de selección; resistencia a un antibiótico).

Figura 7. Plásmido Ti

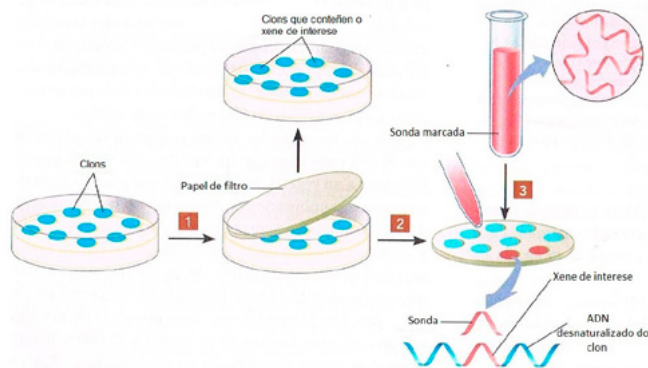


Fonte: Adaptado de Yuan e Williams, 2012

Os plásmidos adoitan inserirse en bacterias, ás que se lles permite reproducirse repetidamente, producindo células xeneticamente idénticas (clons). Polo tanto, se a célula orixinal posúe un plásmido recombinante, todas as células fillas terán unha copia do plásmido e do xene que se inseriu. As bacterias que non posúan ningún plásmido non sobrevivirán no medio de cultivo que posuirá un antibiótico que servirá de marcador de selección.

Pódese sintetizar unha librería de xenes ou xenoteca que teña plásmidos con todos os xenes da planta. Para poder determinar cales son os clons que posúen un xene determinado expóñense os clons a unha sonda marcada que contén o ADN monocatenario complementario a unha parte do xene de interese. Grazas á marca da sonda identifícanse os clons nos que ocorreu esta unión (Figura 8).

Figura 8. Identificación dun xene clonado



Fonte: Adaptado de Nabors, 2006

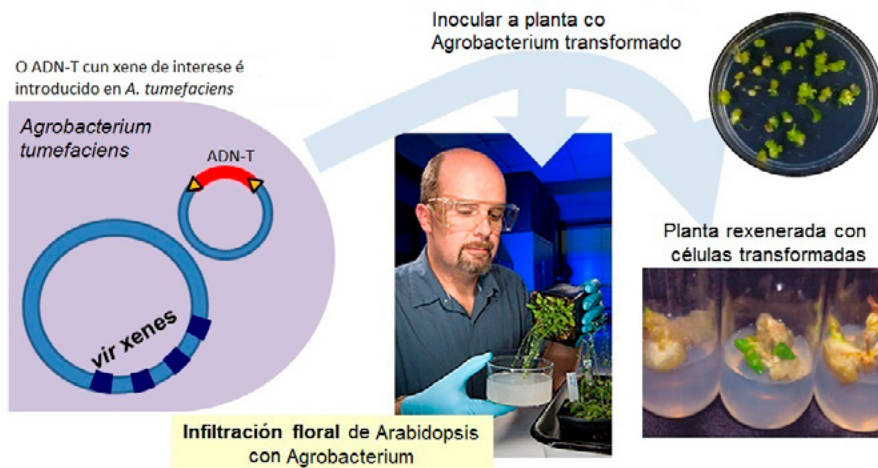
### 2.1.3. Transferencia e integración do xene no xenoma da planta

Analízase o proceso de transferencia e integración do xene de interese no xenoma da planta. Polo tanto, unha vez que se clonou o xene de interese, o seguinte paso para producir unha planta transxénica é inserir o xene nas células vexetais. A transformación é o proceso a través do cal se introduce un novo ADN no xenoma da planta, obténdose unha planta transformada ou planta transxénica. Se se utiliza o plásmido Ti como vector, esta incorporación do xene pode ocorrer por dúas vías: indirecta ou directa. En ambos casos, introdúcese o xene de interese nos cromosomas das células vexetais.

A **vía indirecta** devolve o plásmido recombinante a *A. tumefaciens* (a bacteria que adoita conter o plásmido Ti) e permite que a bacteria infecte as células vexetais. A transformación indirecta con *A. tumefaciens* poden ocorrer por dous métodos: transformación «na planta» e transformación «in vitro».

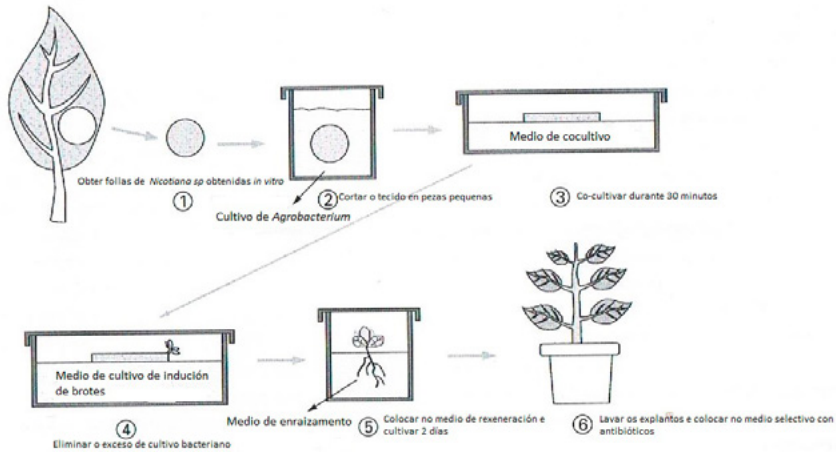
Na transformación «na planta» mergúllanse tecidos da planta (en xeral flores; infiltración floral) no cultivo de *Agrobacterium* co xene de interese (Figura 9).

**Figura 9. Transformación indirecta con *A. tumefaciens* por infiltración floral**



Fonte: Adaptado de Yuan e Williams, 2012

Na transformación «in vitro», *Agrobacterium* é capaz de transformar células de explantos. Os explantos son fragmentos dunha planta que se escinden e prepáranse de forma aséptica para o seu cultivo «in vitro» nun medio nutritivo. Un dos explantos máis frecuentemente usados son os discos de follas (Figura 10).

Figura 10. Procedemento de transformación de discos de folla con *Agrobacterium*

Fonte: Adaptado de Azcón-Bieto, 2008

Doutra banda coa vía directa conséguese introducir o plásmido recombinante directamente nas células vexetais. Na transformación directa utilízanse varios métodos para introducir o xene nas células vexetais: método balístico ou pistola de xenes, electroporación, microinxección, liposomas, entre outros.

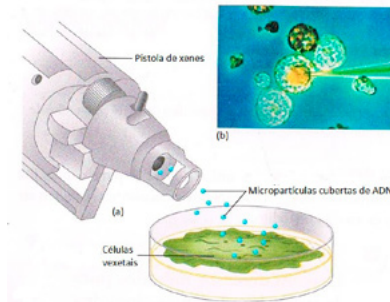
No método balístico ou pistola de xenes, unha pistola de xenes dispara boliñas de ouro ou tungsteno (co plásmido e o xene de interese) ao tecido vexetal. O tecido vexetal utilizado adoitan ser células de cultivo, protoplastos (células sen parede celular) ou meristemas apicais en crecemento, entre outros (Figura 11a).

Na **electroporación**, créanse pequenos poros na membrana plasmática das células vexetais a través dunha breve descarga de corrente eléctrica o que permite que algunhas copias do xene de interese poidan entrar dentro das células e penetrar no núcleo.

Na **microinxección**, o xene de interese pode inxectarse directamente no núcleo ou no citoplasma dos protoplastos mediante a axuda dunha agulla fina baixo o microscopio (Figura 11b).

Os **liposomas** son pequenas esferas constituídas por moléculas lipídicas que poden unirse facilmente a membrana plasmática. Os liposomas pódense cargar con copias do xene de interese e pódese estimular a fusión destes cos protoplastos engadindo polietilenglicol que consegue a permeabilización das membranas.

**Figura 11. Dous métodos directos para introducir xenes de “interese” nas células vexetais (a) pistola de xenes; (b) microinxección**



Fonte: Adaptado de Nabors, 2006

### 2.2. Cultivo de tecidos «in vitro»

Neste apartado explicarase as técnicas utilizadas para o cultivo «in vitro» que permitirán a obtención das plantas transxénicas. Mediante o cultivo «in vitro» desenvólvense plantas enteiras a partir de células ou tecidos illados. Polo tanto a partir da célula en que se incorporou o xene de interese, obténse unha planta transxénica. É necesario analizar as plantas transxénicas rexeneradas para identificar aquelas que porten e expresen o xene ou os xenes de interese. Pode ocorrer a rexeneración da planta transxénica xa que as células vexetais son totipotentes e teñen a capacidade (como o cigoto) de expresar calquera dos xenes e producir a planta enteira.

As células meristemáticas teñen a capacidade de diferenciarse e formar células especializadas cunha determinada función, así como deixar de ser células especializadas e transformarse de novo en células meristemáticas, chamándose a este proceso desdiferenciación. Á súa vez, as células desdiferenciadas poden diferenciarse de novo nun tecido especializado, polo que agora se falaría de rediferenciación (Figura 12).

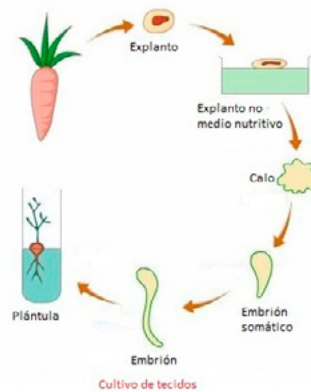
**Figura 12. Cambios que poden sufrir as células meristemáticas**



Fonte: Elaboración propia

Para a rexeneración da planta úsase unha parte do vexetal chamada explanto (Figura 13) que pode ser: un ápice, unha folla o un segmento dela, un segmento de caule, un meristemo, un embrión, unha semente, unha antera, entre outros.

Figura 13. Formación da plántula a partir do explanto



Fonte: <http://www.majordifferences.com/2013/06/difference-between-callus-culture-and.html#.WCReDBrhCUk> [citado 16 decembro 2016]

O explanto cultívase nun medio nutritivo estéril (usualmente xelificado, semisólido) que contén hormonas como citoquininas e auxinas.

Se a proporción de auxinas/citoquininas é alta desenvolveranse raíces e se é baixa obtérase a parte aérea. Se a proporción é intermedia formarase un calo (Figura 14).

Figura 14. Efecto das diferentes proporcións de auxinas e citoquininas no desenvolvemento dos órganos da planta



Fonte: [https://biology-forums.com/gallery/33\\_24\\_07\\_11\\_10\\_46\\_33.jpeg](https://biology-forums.com/gallery/33_24_07_11_10_46_33.jpeg) [citado 8 febreiro 2017]

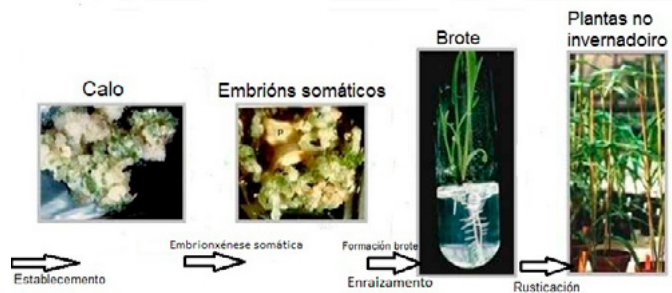
Como o cultivo «in vitro» debe ter lugar en condicións estériles, úsanse cámaras de fluxo laminar.

A partir dos explantos illados pódense rexenerar plantas seguindo as seguintes etapas (Figura 15):

- 1. **Elección da planta** e/ou tecido donante de explantos.
- 2. **Establecemento**, desinfección dos explantos (xeralmente con hipoclorito de sodio) e a súa posterior adaptación ao medio artificial, inducendo a formación de calo, brote, raíz ou embrión somático segundo deséxese.
- 3. **Multiplicación**, para xerar unha masa vegetal suficiente para a rexeneración do número de plantas necesarias.

- 4. **Enraizamento**, na que se busca a formación de raíces co fin de converter os brotes ou os embrións somáticos en plántulas completas.
  - 5. **Rusticación**, é a aclimatación das plántulas obtidas «in vitro» ás condicións ambientais «ex vitro» (no solo ou nalgún substrato inerte).
- Polo tanto, así conséguese a rexeneración da planta transxénica.

**Figura 15. Etapas para a rexeneración da planta**



Fonte: <http://www.argenbio.org/adc/uploads/pdf/Cultivos%20celulares%20II%20Euge.pdf>  
[citado 19 decembro 2016]

Hoxe en día o cultivo «in vitro» ten numerosas aplicacións como se pode observar na Figura 16.

**Figura 16. Aplicacións do cultivo «in vitro»**



Fonte: Elaboración propia

### 3. Aplicacións das plantas transxénicas

Nesta sección analízase as distintas aplicacións das plantas transxénicas, xa que pódense obter plantas transxénicas con distintas aplicacións como podemos observar na Figura 17.



**Figura 17. Aplicacións das plantas transxénicas**

<b>Na Alimentación</b>
<b>Na Agricultura</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Resistencia a bacterias</li> <li>— Resistencia a insectos</li> <li>— Resistencia a fungos</li> <li>— Resistencia a virus</li> <li>— Tolerancia a estrés abiótico</li> <li>— Resistencia a herbicidas</li> </ul>
<b>Na Industria</b>
<b>Na Medicina</b>

Fonte: Elaboración propia

**Na Alimentación:**

Neste apartado explicarase algúns exemplos de plantas transxénicas con aplicación na alimentación, onde se mellora a calidade e os nutrientes en froitas e sementes (Figura 18).

**Figura 18. Plantas transxénicas con aplicación na alimentación**

Especies	Mecanismos de acción	Efectos
Tomate	Silenciar a poligalacturonasa	Maduración retardada
Fresa	Silenciar a pectatoliasa	Maduración retardada
Café	Silenciar a teobromina sintetasa	Sen cafeína
Pataca (pataca doce)	Biosíntese de $\beta$ -caroteno	Produción de vitamina A
Arroz (arroz dourado)	Biosíntese de $\beta$ -caroteno	Produción de vitamina A

Fonte: Elaboración propia

**Na Agricultura:**

Os exemplos máis importantes de plantas transxénicas con aplicacións na agricultura son as plantas resistentes a axentes tanto bióticos (Figura 19) como abióticos (Figura 20). A continuación, móstranse algúns exemplos de plantas transxénicas resistentes a estreses bióticos (Figura 19).

**Figura 19. Plantas transxénicas resistentes a axentes bióticos**

Axentes bióticos	Plantas transxénicas	Efectos
<b>Bacterias</b>	Arroz	Resistencia ao tizón foliar
	Pereiro	Resistencia ao lume bacteriano
<b>Insectos</b>	Millo	Resistencia ao trade
	Arroz	Resistencia ao enrolador da folia
<b>Fungos</b>	Tomate	Resistencia a Fusarium
	Vide	Resistencia ao mofo gris
<b>Virus</b>	Cabaciña	Resistencia ao virus do mosaico amarelo
	Papaia	Resistencia ao virus da mancha anular

Fonte: Elaboración propia

Na Figura 20, aparecen algúns exemplos de plantas transxénicas resistentes a estreses abióticos.

**Figura 20. Plantas transxénicas resistentes a axentes abióticos**

Axentes abióticos	Plantas transxénicas
Seca	Tomate
	Arroz
Salinidade	Tomate
	Arroz
Frío	Brassica

Fonte: Elaboración propia

Outro exemplo importante, son as plantas transxénicas resistentes a herbicidas (Figura 21) nas que se reduce o consumo de herbicidas o que implica beneficios para o solo e o medio ambiente.

**Figura 21. Plantas transxénicas resistentes a herbicidas**

Plantas transxénicas	Efectos
<b>Colza, millo e soia</b>	Resistente a glifosato
<b>Colza e millo</b>	Resistente a glifosinato
<b>Algodón</b>	Resistente a bromoxinil

Fonte: Elaboración propia

**Na Industria:**

Neste apartado describiranse algúns exemplos de plantas transxénicas con aplicación na industria (Figura 22).

**Figura 22. Plantas transxénicas con aplicación na industria**

Efectos	Plantas transxénicas
Produción de plásticos biodegradables	<i>Arabiopsis thaliana</i>
	Alfalfa
Produción de biopolímeros (coláxeno)	Tabaco
Produción de amidón	Pataca
Flores con novas cores	Caravel
Flores de maior duración	Caravel

Fonte: Elaboración propia

**Na Medicina:**

Neste apartado explicarase algúns exemplos de plantas transxénicas con aplicación na medicina, entre as que destacan as plantas que producen vacinas, anticorpos e proteínas terapéuticas (Figura 23).

**Figura 23. Plantas transxénicas con aplicación na medicina**

Produtos	Hóspedes	Enfermidades
Vacinas	<i>Nicotiana benthamiana</i>	Enfermidade de Hodgkin
	Tabaco	Malaria, Ántrax
	Pataca, leituga	Hepatite B
Anticorpos	Tabaco	Carie dental
	<i>N. benthamiana</i>	HIV (virus da inmunodeficiencia humana)
	Tabaco	Ébola
Proteínas terapéuticas -Lipasa gástrica -Glicocerebrosidasa -Insulina	Millo	Pancreatite
	Suspensión células de cenoria	Enfermidade de Gaucher
	Cártamo	Diabetes

Fonte: Elaboración propia

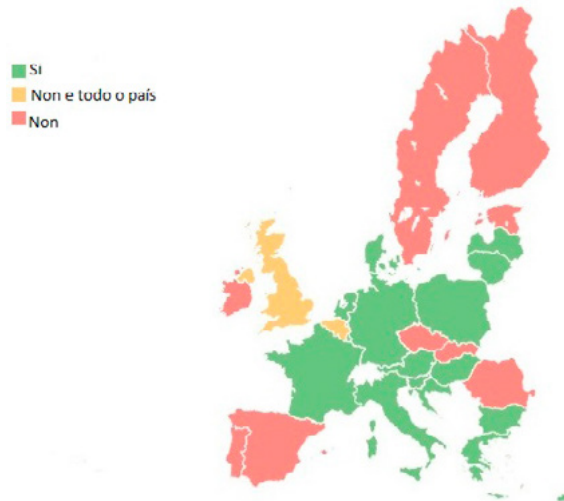
#### 4. Aceptación e seguridade dos cultivos transxénicos

Nesta sección estúdanse algunhas cuestións relativas coa aceptación e seguridade dos cultivos transxénicos.

A poboación mundial crece de forma exponencial e a dispoñibilidade de auga e solo agrícola non pode aumentar do mesmo xeito. Unha solución a este problema serían as plantas transxénicas que poden crecer en ambientes con menor requirimento de auga e fertilizantes.

As plantas transxénicas teñen boa aceptación en Estados Unidos, Brasil, Arxentina e Canadá; con todo en Europa non teñen tanta. Por outra banda, España é o país da Unión Europea con maior aceptación ás plantas transxénicas (Figura 24).

**Figura 24. Que países da Unión Europea prohiben os transxénicos?**



Fonte: [http://www.eldiario.es/sociedad/mayoria-Union-Europea-cultivo-transgenicos\\_0\\_438156909.html](http://www.eldiario.es/sociedad/mayoria-Union-Europea-cultivo-transgenicos_0_438156909.html)  
[citado 26 setembro 2017]

Dentro do noso país, hai colectivos a favor e en contra das plantas transxénicas, ás veces por falta de coñecemento sobre o tema. A Organización Mundial da Saúde (OMS) afirmou que «non se demostraron riscos para a saúde humana naqueles países en que están comercializadas as plantas transxénicas». Todos os alimentos que conteñan ou sexan obtidos a partir de plantas transxénicas teñen que estar etiquetados obrigatoriamente na Unión Europea. Isto permite aos consumidores tomar unha decisión informada e libre sobre o consumo destes alimentos.

## ACTIVIDADES PROPOSTAS

Desenvolverase a seguinte actividade **práctica** no laboratorio:

1) Cultivo de tecidos «in vitro»

A actividade práctica realizarase en dúas horas repartidas en varias sesións, para poder preparar os medios de cultivo e o material.

A **titoría** desta unidade didáctica consistirá nunha sesión dunha hora: os primeiros 20 minutos os alumnos farán un breve control sobre a unidade, os 20 minutos seguintes corruxirán o control dun compañeiro (coavaliación) e os últimos 20 minutos corruxiranse as respostas de forma colectiva promovendo o debate entre os estudantes. A coavaliación estimula no alumnado unha serie de competencias transversais como a capacidade analítica e crítica, a adaptación a novas situacións, así como a toma de decisións.

## AVALIACIÓN

Os **contidos teóricos** adquiridos nesta unidade didáctica valoraranse mediante a realización de dúas actividades. Por unha banda, un exame parcial o que os alumnos poderán presentarse sempre que asistan regularmente ás clases teóricas e ás prácticas e participen activamente nelas, ademais dos exames oficiais aos que todos os alumnos poderán presentarse. E por outra banda, mediante un control de tres preguntas curtas que se realizará durante a titoría. En ambas probas valoraranse os coñecementos teóricos adquiridos de toda a materia.

As **prácticas** son de asistencia obrigatoria polo que a falta de asistencia a algunha das prácticas pode ser compensada mediante un exame escrito coincidindo co exame teórico da materia. As prácticas valoraranse mediante a memoria de prácticas y a observación do alumno durante a realización da mesma.

Na **nota final** terase en conta a participación activa nas actividades, o dominio dos coñecementos teóricos e as actividades desenvolvidas nas prácticas (Figura 25).

**Figura 25. Aspectos que se van avaliar e peso relativo de cada parte**

Aspectos	Criterios	Ferramentas para avaliar	Peso (%)
Conceptos da materia	Dominio coñecementos teóricos	Exame teórico	50
		Control (titorías)	10
Prácticas	-Asistencia e participación -Limpieza e orde -Traballo desenvolto	Observacións do profesor	15
	-Claridade e calidade da memoria	Corrección da memoria	25

Fonte: Elaboración propia

## BIBLIOGRAFÍA

---

- AZON-BIETO Joaquín e TALÓN Manuel (2008): *Fundamentos de Fisiología vegetal*, Madrid: McGraw-Hill Interamericana.
- BUCHANAN Bob B, GRUISSEM Wilhelm, JONES Russell L (2015) *Biochemistry and molecular biology of plants*, Chichester (UK): American Society of Plant Physiologists, Wiley-Blackwell.
- HOPKINS William G e HÜNER Norman PA (2009): *Introduction to plant physiology*, Nueva York: Willey.
- MAUSETH James (2009): *Botany: An Introduction to Plant Biology*, Massachusetts: Jones and Bartlett Publishers.
- NABORS Murray W (2006) *Introducción a la Botánica*, Madrid: Pearson Educación, S.A.
- RANI Jhansi S e USHA Rayalcheruvu (2013) «Transgenic plants: Types, benefits, public concerns and future». *Journal of Pharmacy Research*; 6(8), 879–883.
- TAIZ Lincoln, ZEIGER Eduardo, MØLLER Ian, M MURPHY Angus (2015): *Plant physiology*, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc Publishers.
- YUAN Ze-Chun e WILLIAMS Mary (2012) «A really useful pathogen, *Agrobacterium tumefaciens*». *Plant Cell*. 24, 112e1012.

## Recursos en internet

Differences between callus culture and suspension culture: <http://www.majordifferences.com/2013/06/difference-between-callus-culture-and.html#.WCreDBrhCUk> [citado 16 decembro 2016]

Los cultivos celulares y sus aplicaciones: <http://www.argenbio.org/adc/uploads/pdf/Cultivos%20celulares%20II%20Euge.pdf> [citado 19 decembro 2016]

The process of plant tissue culture: [https://biologyforums.com/gallery/33\\_24\\_07\\_11\\_10\\_46\\_33.jpeg](https://biologyforums.com/gallery/33_24_07_11_10_46_33.jpeg) [citado 8 febreiro 2017]

Páxina web do diario.es: [http://www.eldiario.es/sociedad/mayoria-Union-Europea-cultivo-transgenicos\\_0\\_438156909.html](http://www.eldiario.es/sociedad/mayoria-Union-Europea-cultivo-transgenicos_0_438156909.html) [citado 26 setembro 2017]



Unha colección orientada a editar materiais docentes de calidade e pensada para apoiar o traballo do profesorado e do alumnado de todas as materias e titulacións da universidade

unidadesdidácticas  
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA