

Morfología de Plantas Vasculares

Tema 22: Reproducción Asexual o Multiplicación vegetativa

La **multiplicación o propagación vegetativa** es la producción de una planta a partir de una célula, un tejido, un órgano o parte de una planta madre.

Distintas partes del cuerpo de una planta, bajo determinadas condiciones de crecimiento (luz, temperatura, humedad, nutrientes, sanidad, etc.) pueden dar origen a un individuo completo. Esto se debe a que muchas células de los tejidos diferenciados (maduros) de la planta, conservan la **TOTIPOTENCIALIDAD**, con esta característica una célula ya adulta puede desdiferenciarse (retomar la actividad meristemática) y multiplicarse dando origen a los órganos vegetativos (raíz, tallo y hojas).

Reproducción sexual (*para recordar este concepto antes de empezar*):

En una célula del óvulo (célula madre de la megáspora) se produce la meiosis que concluye con la formación de cuatro megásporas haploides. En la mayoría de las angiospermas sólo una de las megásporas es funcional (las demás degeneran) y se divide por mitosis para formar un saco embrionario octonucleado integrado por una ovocélula, dos sinérgidas, dos núcleos polares y tres antípodas. La ovocélula se fecunda con una gameta masculina dando el cigoto que originará el embrión diploide y la segunda gameta masculina fecundará la célula del medio dando origen a una célula triploide que se dividirá mitóticamente para originar el endosperma.

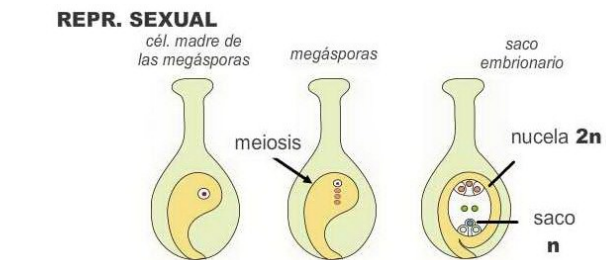
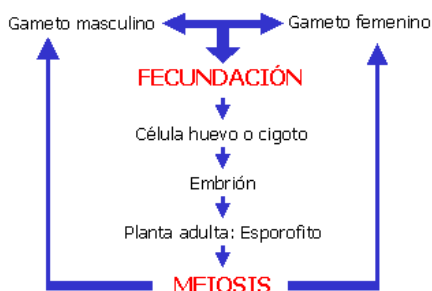


Imagen modificada de Hartmann and Kester's *Plant Propagation, Principles and Practices 8th ed.*

Comparando los procesos:

Reproducción sexual	Multiplicación vegetativa
<ul style="list-style-type: none">La descendencia o progenie no es idéntica a los padres, ya que la meiosis (que formó las gametas) y la fecundación (que originó el cigoto y embrión) recombinaron la información genética de las plantas progenitoras.Origina descendencia con caracteres variables (por ejemplo diferentes alturas o productividad).Favorece la variabilidad genética y el avance evolutivo de la especie.	<ul style="list-style-type: none">Se obtienen plantas idénticas al progenitor, y entre ellas (clones) ya que no hay recombinación de caracteres.Se mantienen y propagan características deseables, ej.: alta productividad, mayor calidad, tolerancia a insectos, resistencia a enfermedades, tolerancia a estrés hídrico, etc. Al ser individuos clonados (idénticos) su uniformidad es una ventaja en el manejo de un cultivo.La misma uniformidad de la descendencia es una desventaja si cambian las condiciones, ya que todos los individuos pueden ser susceptibles a nueva plaga o a cambio de condiciones climáticas.

Multiplicación vegetativa

Cuestión de terminología: hay varios términos que son usados casi indistintamente para nombrar a la **multiplicación vegetativa**. Por ejemplo: Clonación // o // Reproducción asexual // o // Reproducción clonal // o // Regeneración vegetativa.

La propagación vegetativa se conoce desde el inicio de la Agricultura con la domesticación de muchas especies de plantas que se cultivan hasta nuestros días. Existe una gran variedad de métodos, desde los procedimientos más sencillos (ej. estacas) hasta los tecnológicamente más complejos (ej. cultivo *in-vitro* de tejidos) según los requerimientos de cada caso.

Ventajas de la reproducción vegetativa

La propagación vegetativa ha adquirido gran importancia, comprende un variado conjunto de técnicas que permiten multiplicación de numerosas especies de interés agronómico. Algunos de sus objetivos son:

- Valorar genéticamente material vegetal, incluyendo estudios de interacción genotipo ambiente.
- Preservar genotipos y complejos genéticos en bancos clonales.
- Acortar los ciclos reproductivos para acelerar los procesos de cruzamiento y prueba.
- Conservar genotipos superiores que determinan características genéticas favorables (resistencia a plagas y/o enfermedades, crecimiento, tolerancia a condiciones extremas de humedad).

Tipos de Multiplicación vegetativa

Los métodos de propagación pueden ser clasificados como **naturales**, según si se trata de estructuras propias de las plantas que le permiten reproducirse asexualmente (bulbos, tubérculos, rizomas, estolones, hijuelos, apomixis) o **artificiales** si son producidas por el hombre (estaca, esqueje, injerto, acodo y cultivo *in vitro*).

Bulbos:

Son órganos subterráneos de almacenamiento de nutrientes. Morfológicamente es una adaptación de las hojas al almacenamiento de sustancias de reserva (engrosamiento de la vaina con transformación en catáfilas), con modificaciones en el tallo (platillo o disco) y raíces adventicias (*ver detalle en el tema adaptaciones*).

Pueden tener yemas laterales, las que durante el período de crecimiento dan origen a nuevos bulbos, denominados **bulbillos**.

Los bulbos se clasifican en **tunicados**, en los que sus bases están rodeadas por capas superpuestas cuando el bulbo está totalmente rodeado por las bases persistentes de las hojas (ej. cebolla, ajo, tulipán, narciso) y **escamosos**, en los que dichas bases están imbricadas, son más carnosas y no tienen túnica de protección (ej. lirio, azucena). Ambas clases producen bulbillos que sirven para reproducir las plantas, una vez que han alcanzado el tamaño suficiente.

AJO, *Allium sativum*: El cultivo se establece vía asexual por medio de la plantación de los bulbos del ajo o “dientes” directamente en la tierra con el borde agudo hacia arriba. Recuerde la estructura de un diente: el extremo inferior, más ensanchado, contiene al tallo (braquiblasto, disco o platillo) que desarrollará en su base las raíces adventicias y en la parte superior lleva la yema apical, rodeada por las bases foliares de dos hojas concéntricas. La externa es delgada y de protección y la interna es reservante. Las sustancias allí almacenadas servirán de alimento para que la nueva planta crezca hasta que desarrolle las primeras hojas verdes que le permitan fotosintetizar.



Corte transversal de una cabeza de ajo con dientes. <http://www.espores.org>



Cultivo de los dientes



Cabeza de ajo brotada

CEBOLLÍN, *Nothoscordum inodorum* y otras especies del género son malezas de la familia de las Liliáceas, también conocidas como ajo macho, lágrima de la Virgen, cebolla del diablo. Son malezas de huertos, viveros, chacras, jardines y cultivos del NE de Argentina. Se propagan por semillas y por bulbillos (comúnmente diseminados por los instrumentos de labranza). Hierba bulbífera, presenta un bulbo de hasta 2 cm de diámetro con numerosos bulbillos circundantes. Habita en suelos húmedos, arenosos, arenoso-humíferos y son muy difíciles de erradicar.



Detalle de los bulbillos del cebollín, <http://calphotos.berkeley.edu/>



<http://tropical.theferns.info/image.php?id=Nothoscordum+gracile>

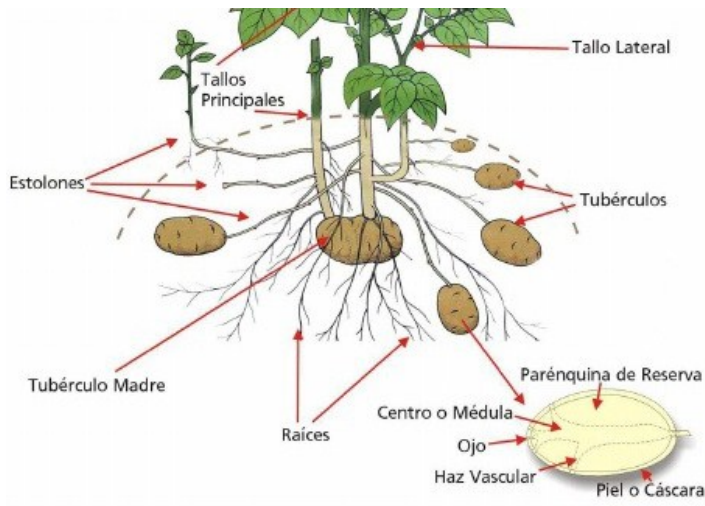
Tubérculos caulinares:

Son tallos modificados y engrosados donde se acumulan sustancias de reserva, comúnmente almidón. *Lea la estructura del tubérculo en el tema adaptaciones.* La reproducción de este tipo de plantas se realiza utilizando en la plantación el mismo tubérculo, que posee yemas en la superficie capaces de rebrotar y originar nuevas ramas y raíces adventicias.

PAPA, *Solanum tuberosum* spp. *tuberosum*,

La planta de papa, puede reproducirse por semillas (vía sexual) y también por tubérculos o "papa semilla" (vía asexual). En Argentina para establecer el cultivo, para la producción de papa consumo, se utilizan "papa semillas". Estas pueden ser

- "papa semillas enteras", denominadas vulgarmente "semillones" que son papas pequeñas (entre 30 - 90 g) o del tamaño de un huevo,
- "papa semilla cortada". Esta práctica no es recomendable efectuarla debido al riesgo de cortar yemas, que provoca menor número de plantas por unidad de superficie y riesgo de propagar enfermedades, deshidratación e infección.



<https://redepapa.org>



Semillón o "papa semilla entera". <http://es.123rf.com/>



Papa "semilla" cortada. <http://es.123rf.com>

Rizomas:

Son tallos subterráneos con varias yemas que crecen de forma horizontal emitiendo raíces y brotes herbáceos de sus nudos. Carecen de hojas pero tienen catáfilas a veces en forma de escamas membranosas (*ver detalle en el tema adaptaciones*). Los rizomas tienen un crecimiento indefinido. Pueden cubrir grandes extensiones de terreno debido a que cada año producen nuevos brotes a medida que las primeras ramas van muriendo. Para cultivar la planta, los rizomas se pueden dividir en trozos que contengan por lo menos una yema y plantarlos. Las plantas con rizomas son perennes, pierden sus partes aéreas en climas fríos, conservando tan solo el órgano subterráneo que almacena las sustancias de reserva para la temporada siguiente.

CULTIVOS: el jengibre, *Zingiber officinalis*, es una monocotiledónea de origen asiático que se cultiva en los trópicos casi exclusivamente por vía asexual ya que muy raramente produce semillas. Los rizomas monopodiales pueden medir hasta 50 cm y frecuentemente son chatos y divididos como los dedos de una mano. El parénquima reservante es rico en almidón y oleorresinas que le dan el sabor picante. Contienen además cantidades apreciables de hierro, fósforo y ácido ascórbico.



Zingiber officinale, jengibre



Jengibre formando vástagos aéreos

MALEZAS: este es uno de los principales mecanismos de propagación de las plantas invasoras. El principal ejemplo es el *Sorghum halepense* o sorgo de alepo, que fue declarada Plaga de la Agricultura Nacional en 1930 por su capacidad de multiplicarse a partir de sus rizomas. Deben extremarse las medidas preventivas empleando, para la siembra de cualquier cultivo, semilla fiscalizada libre de semillas de esta maleza y extremando la limpieza de la maquinaria agrícola para controlar la dispersión de los rizomas.

Cuando la invasión se presenta en forma de “manchones” se evitará pasar la rastra de dientes que fracciona los rizomas y los difunde en mayor extensión... (Marzocca, 1993), recuerde que cada fragmento de rizoma que contenga al menos una yema será capaz de originar una nueva planta.



Sorgo de alepo: detalle de sus rizomas

Estolones:

Son brotes o ramas laterales más o menos delgados que nacen de la base del tallo, que crecen horizontalmente con respecto al nivel del suelo o subterráneo. Tienen entrenudos largos que generan raíces adventicias. La separación de estos segmentos enraizados da lugar a plantas hijas.

FRUTILLA, (*Fragaria x ananassa*): este cultivo se establece mediante la plantación de plantines que se obtienen a partir de una planta madre que emite estolones que, una vez enraizados, son separados de la planta original. Los plantines obtenidos por reproducción vegetativa, clonación, son genéticamente idénticos a la planta madre. La frutilla es una planta herbácea con raíces fasciculadas. El tallo es un braquiblasto vulgarmente llamado “corona”. Las hojas insertas en él llevan una yema axilar que puede ser reproductiva y originar flores y frutos, o si son vegetativas pueden resolverse en nuevos braquiblastos laterales o en ramas delgadas radicantes: los **estolones**. Usualmente los estolones tienen dos entrenudos muy largos que anteceden a un braquiblasto que será la futura “corona” de la nueva planta. En el extremo del estolón la primera hoja es rudimentaria.



Planta de frutilla con estolón. <http://barbieritodoarte.blogspot.com.ar>



Plantines de frutilla
<http://elhuertodellopez.blogspot.com.ar>

Hijuelos:

Son un tipo característico de brote lateral o rama que se desarrolla sobre la base del tallo principal de ciertas plantas. Este término se aplica generalmente al tallo engrosado, acortado y con aspecto de roseta. El término hijuelo o macollo, como algunas veces se lo denomina, se aplica al cultivo de plátanos, ananá o piña, palma datilera, entre otros. La formación de hijuelos o macollos es muy importante en cultivos de Monocotiledóneas tales como los cereales de grano y forraje: trigo, cebada, centeno y avena.

ANANÁ, (*Ananas comosus*) el eje sigue creciendo para dar origen a una nueva planta, este proceso se conoce como proliferación.

En ananá la multiplicación vía agámica es la más frecuente y si bien todos los tipos de hijuelos que presenta esta especie son potencialmente capaces de generar una planta, los que se eligen y mayormente se utilizan para iniciar un plantación comercial, son aquellos provenientes de la base del tallo.



Detalle de la planta con infrutescencia e hijuelo en la base © P.Alayón



Hijuelos para multiplicación. © P.Alayón



Hijuelos en macetas. © P.Alayón

BANANO, (*Musa × paradisiaca*): las plantaciones comerciales se pueden iniciar de hijuelos o de trozos de cormo que tengan yemas. En el caso de utilizar hijuelos es necesario diferenciar aquellos denominados “haraganes” o “de agua” de aquellos llamados “espadines”. La forma de los primeros es cilíndrica mientras que los segundos son cónicos. Los más convenientes son los “espadines” ya que entran primero en producción en comparación con los “haraganes”.

Banano



Hijuelos "haraganes". © P.Alayón



Hijuelos "espadines". © P.Alayón

Estacas o esquejes (Fitómeros):

La propagación por estacas es una técnica de multiplicación vegetal en la que se utilizan trozos de tallos, los que colocados en condiciones ambientales adecuadas son capaces de generar nuevas plantas idénticas a la planta madre. Estas porciones son fitómeros: es la menor porción formada por un nudo con la yema y una porción de los entrenudos superior e inferior que permite la multiplicación. Plantadas bajo condiciones ambientales favorables se induce a formar raíces, y luego desarrolla el vástago produciendo así una nueva planta independiente. A menudo se usa esqueje para referirse a ramas jóvenes o de menor consistencia y estaca para tallos lignificados. La capacidad de una estaca para formar un sistema radical o caulinar adventicio depende de factores endógenos, es decir propios del material, y de factores exógenos (ambiente). Este es el método más importante para propagar arbustos ornamentales y varios cultivos arbustivos y leñosos. Un ejemplo de propagación de estacas leñosas de uno o dos años son las higueras (*Ficus carica*), el kiri (*Paulownia tomentosa*) o de estacas semileñosas son los olivos (*Olea europea*) y la vid (*Vitis sp.*).



Estacas de higo ya multiplicadas © P.Alayón



Estacas de Kiri © C.Luna



Estacas de Olivo enraizadas y con hojas © J.Caballero

En el caso del té (*Camellia sinensis*) y la yerba (*Ilex paraguariensis*), la plantación puede tener dos orígenes: semilla botánica o material vegetativo para obtener clones, denominado estaqueo. En nuestro país las plantaciones más antiguas de té se establecieron mediante plantines de semilla de fenotipos chinos, assámicos o sus correspondientes híbridos, por lo cual existe una gran variabilidad genética en los cultivos.

En ambos cultivos hace algunos años se están comenzando a utilizar plantaciones clonales de rendimiento superior. La implantación de clones selectos permiten que los cultivos presenten mayor homogeneidad, rendimiento y calidad. La propagación vegetativa del té se realiza por medio de la plantación de estacas semileñosas uninodales (5 a 8 cm de longitud y 5 a 7 mm de diámetro) con una hoja y que sean de la brotación del año para que posea características de juvenilidad y así facilitar su enraizamiento adventicio.

En la yerba la estaca es multinodal, la hoja se corta media lámina para evitar el exceso de transpiración, sin la hoja presente no se produce el enraizamiento.

Una forma de distinguir un plantín clonal (de estaca) de otro de semilla (sexual), es la presencia de un sistema radical sin raíz pivotante en el primer caso (tienen "forma de estrella").

Propagación comercial en invernadero de leñosas



Estaca de *Eucalyptus grandis* mostrando el sistema radical típico de un plantín clonal



Estacas de yerba (*Ilex paraguariensis*): se deja media lámina de una hoja. © C.Luna



Estacas semileñosas de té (*Camellia sinensis*). © R.Medina

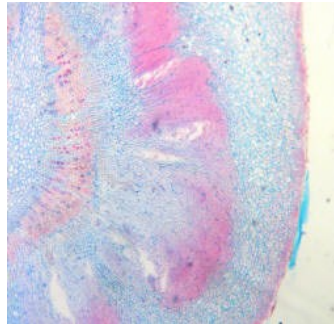
Al colocar un fitómero a enraizar recuerden que se está colocando un tallo, a veces con crecimiento secundario. Para enraizar se necesitan células totipotenciales -con núcleo- que se desdiferencien y puedan regenerar un meristema apical radical que forme una raíz completa.

En las dos fotos de cortes histológicos se ve la ONTOGENIA de la formación de raíces adventicias de la yerba: son cortes transversales de una estaca de yerba durante este proceso. En la 1º foto se observa el xilema y el floema secundario, y a partir de células del parénquima floemático se

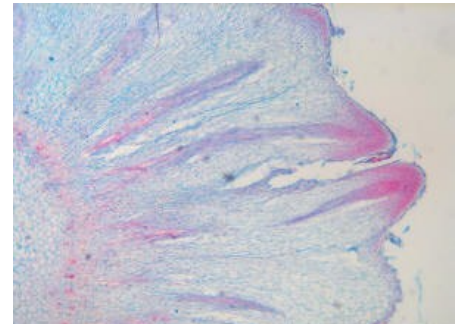
forma una zona meristemática precursora de las raíces. En la 2º foto ya se aprecian dos primordios radiculares que debieron atravesar el córtex y están emergiendo de la estaca.



Estacas multinodales de Yerba (*Ilex paraguariensis*) mostrando raíces adventicias. © J.Tarragó



1º: Corte transversal de estaca de yerba en inicio de diferenciación © J.Tarragó.



2º: Corte transversal de estaca de yerba con dos raíces emergiendo del córtex. © J.Tarragó

PINO: (y coníferas en general) se considera semilla forestal al "**cutting**" que es la porción terminal de un macroblasto, incluyendo la yema apical (cutting es la denominación usada en este cultivo en Argentina). Las plantas madre (clones selectos) dadores de cuttings se pueden mantener a campo o en viveros. La cosecha se realiza manualmente o mecanizada.

Propagación comercial en invernadero de leñosas



Plantas madre o setos clonales © C.Luna



Detalle del cutting para enraizar



Pino: Estacas enraizando y a los 4 meses. © C.Luna

MANDIOCA (*Manihot esculenta*)

Los tallos de la mandioca son particularmente importantes pues se utilizan para la multiplicación vegetativa o asexual de la especie. Porciones lignificadas del tallo, llamadas estacas, sirven como material de plantación para la producción comercial del cultivo. Para garantizar el éxito de la plantación se recomienda que las estacas se obtengan de ramas maduras, aquellas cuya proporción de leño sea igual o superior a la de la médula interna. En el leño se almacenan las sustancias de reserva que sustentarán inicialmente la brotación de las yemas laterales y el enraizamiento adventicio.

Mandioca



Estaca con raíces adventicias © A.Burgos



Cultivo © A.Burgos



Estaca con vástago joven © A.Burgos



Estaca con vástago y nuevos tubérculos

Este proceso puede realizarse también por **cultivo in vitro de tejidos** (ver más adelante...):

Mandioca: Cultivo *in vitro*



Tuberización in vitro. © R.Medina

CAÑA DE AZUCAR (*Saccharum officinarum*)

La caña de azúcar se propaga asexualmente mediante la brotación de las yemas axilares del tallo denominado en su conjunto “caña semilla” (trozo de caña con al menos una yema, conocido como **fitómero**). A partir de cada yema, se origina un brote guía o tallo primario, de las yemas axilares de estos se forman tallos secundarios y de estos a su vez, los tallos terciarios; conformando en su conjunto una **cepa o macollo**.

El enraizamiento inicial se produce a partir de la emergencia de las raíces preformadas en la banda radical del fitómero, estas se reemplazan luego por las raíces que se diferencian a partir del tallo primario.



Cultivo de caña de azúcar



Fitómero / estaca con yema © R.Medina

Acodo:

Es un método de propagación en el cual se provoca la formación de raíces adventicias a un tallo que está todavía unido a la planta madre. Luego, el tallo enraizado, acodado, se separa para convertirlo en una nueva planta que crece sobre sus propias raíces. La rama acodada sigue recibiendo agua y minerales debido a que no se corta el tallo y el xilema permanece intacto. La formación de raíces en los acodos depende de la provisión continua de humedad, buena aireación y temperaturas moderadas en la zona de enraizamiento.

Se utiliza en ornamentales y en cultivos como la vid, donde se denomina Mugrón, es un sarmiento o rama larga que, sin cortarlo de la cepa, se entierra parcialmente en el lugar próximo a la misma en el que hay una falta, doblándolo de manera que quede la punta con un par de yemas al aire, con el fin de que arraigue y dé origen a una nueva cepa. Una vez que ya tiene raíces el sarmiento enterrado, se puede "destetar" o cortar.



Vid (*Vitis sp.*) ©<http://blogs.larioja.com/>

Propagación por injertos:

Son segmentos de plantas se adhieren a otra receptiva más resistente o de mejores características (ej. cítricos, frutales de pepita, cacao). El injerto es un método de multiplicación que consiste en unir porciones de plantas de manera que formen un solo individuo. En un árbol injertado se distinguen por tanto una parte situada por debajo del punto de injerto, denominada hipobionte, portainjerto o patrón, provista generalmente de raíces y una parte superior, llamada epibionte, injerto o púa, destinada a formar la copa.

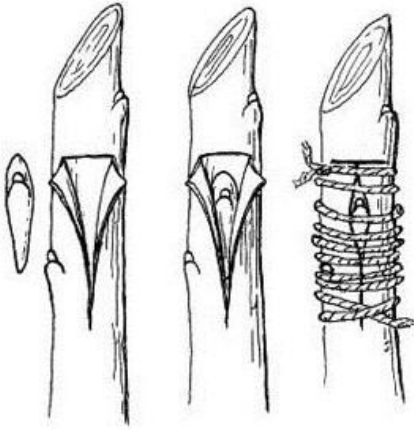
Formación de la unión del injerto, la secuencia de los pasos en la cicatrización es la siguiente:

1. El tejido recién cortado de la púa, capaz de actividad meristemática, es puesto en contacto íntimo y fijo con el tejido del patrón también recién cortado en condiciones similares, de tal modo que las regiones cambiales de ambas partes estén en contacto estrecho. Las condiciones de temperatura y humedad deben ser tales que estimulen la actividad de las células recién expuestas y de aquellas que las circundan.
2. En la región cambial tanto del patrón como del injerto, las capas exteriores de células expuestas producen células de parénquima que pronto se entremezclan y enlazan; al resultado de esa

actividad se llama “tejido del callo”.

3. Algunas de las células del callo recién formado que se encuentran en la misma línea con la capa intacta de cámbium del patrón y del injerto se diferencian hasta formar nuevas células cambiales.

4. Esas nuevas células de cámbium producen tejido vascular nuevo (xilema hacia el interior y floema hacia el exterior) estableciendo así conexión vascular entre patrón e injerto, requisito indispensable para que la unión del injerto tenga éxito.



Fases del injerto
<http://articles.extension.org>



Injerto de cítricos. Imagen de
©<http://aggie-horticulture.tamu.edu/citrus>



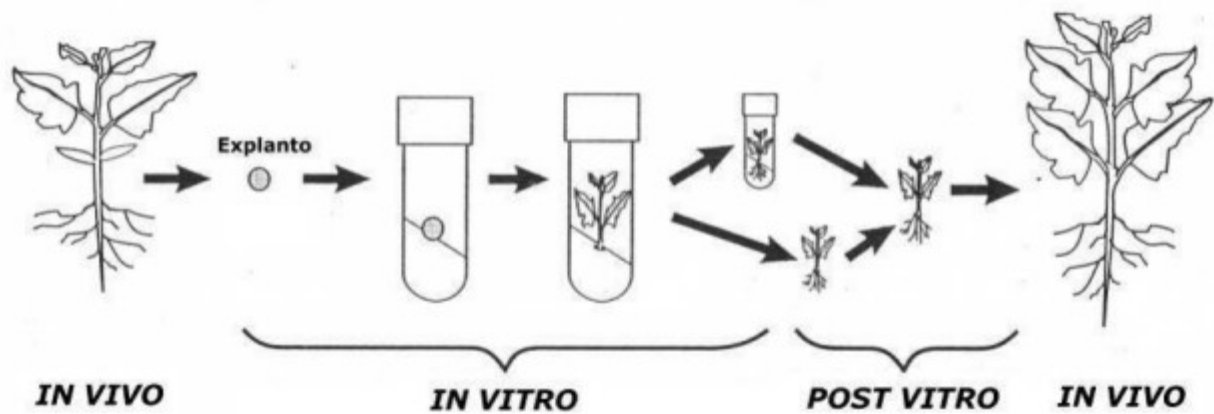
Solanum sisymbriifolium (tutiá) como pie de injerto en tomate.

Las plantas cítricas son propagadas en forma asexual a través de injertos y no a través de semillas, ya se trate de explotaciones comerciales o con otros fines. La variedad de interés es injertada sobre un pie o portainjerto. En consecuencia, la planta estará constituida por dos partes: la copa y el pie. Por lo general, la especie injertada es distinta de la del portainjerto, el cual es seleccionado en función de diversos factores ecológicos como ser suelo, clima y enfermedades. En la zona citrícola del norte argentino las especies usadas como portainjertos son:

Lima de Rangpur (*Citrus limonia*) // Limón rugoso (*Citrus jambhiri*) // Trifolio (*Poncirus trifoliata*) // Mandarino Cleopatra (*Citrus reshni*) // Citranges que son híbridos entre *Citrus sinensis* x *Poncirus trifoliata*.

- La injertación en frutales. 2003. INTA. Adaptado por Gabriel Valentini - Luis Arroyo ([leer en línea: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-intasp-valentini-bdt14.pdf](http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-intasp-valentini-bdt14.pdf))
- Video del INTA sobre injerto en cítricos: <http://inta.gob.ar/videos/el-injerto-en-plantas-citricas/view>.

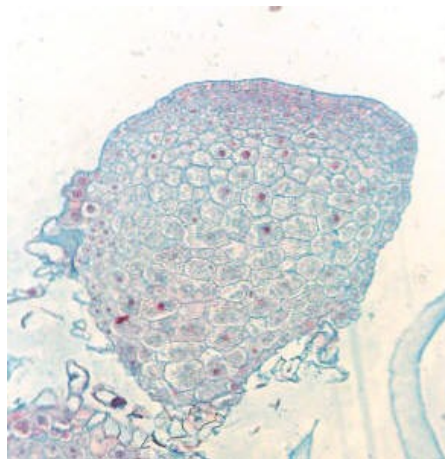
Los injertos pueden transmitir enfermedades como virus, bacterias o micoplasmas, por lo que se avanzó hacia la técnica de MICROINJERTOS *IN VITRO*. El problema fue que no se disponen de plantas sanas, por lo que la solución fue usar los meristemas. Recordando la organización de los meristemas caulinares (ver tema), son zonas en diferenciación, con elevada actividad metabólica y aún no están completamente formados los tejidos vasculares, por estas razones son partes de una planta infectada que están libres del virus y se pueden reproducir *in vitro*.



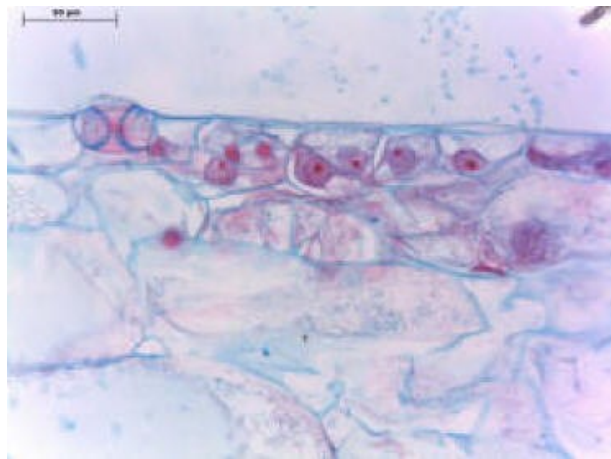
Esquema modificado a partir de Lindsey y Jones, 1989, en *Plant Biotechnology in Agriculture*

Micropropagación o Cultivo in-vitro:

En esta técnica se utilizan células o pequeñas partes de tejidos u órganos denominados **EXPLANTOS**, los mismos son cultivados en condiciones controladas de laboratorio. La técnica se basa en el hecho de que los tejidos vivos de las plantas conservan la capacidad de dar origen a un organismo completo: **TOTIPOTENCIALIDAD**. Las células que conservan mejor esta potencialidad son las que están menos diferenciadas hacia una función específica, ya sea meristemáticas (ej. meristemas apical de tallo o raíz, cambium) o células adultas que conservan su núcleo (diversos tipos de parénquimas, como el de los segmentos nodales, el parénquima de las hojas, embriones y algunas partes florales). Gracias a la totipotencialidad, en un medio de cultivo prácticamente cualquier célula con núcleo logra (después de un período de dediferenciación) iniciar el proceso de proliferación casi infinita (a través de divisiones mitóticas), formando un callo que originará nuevas plantas genéticamente iguales.



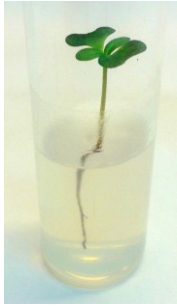
Callo. © AMG



Detalle donde las células superficiales se están dividiendo para originar un vástago. © AMG

El procedimiento de cultivo de tejidos se inicia con la toma de segmentos de plantas o explantos que se esterilizan y se cultivan en soluciones nutritivas especiales, con frecuencia gelificadas. A estos medios se incorporan combinaciones adecuadas de hormonas de crecimiento para obtener una proliferación celular en el segmento.

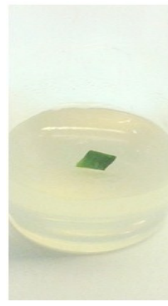
Regeneración *in vitro* de *Eucalyptus* sp.



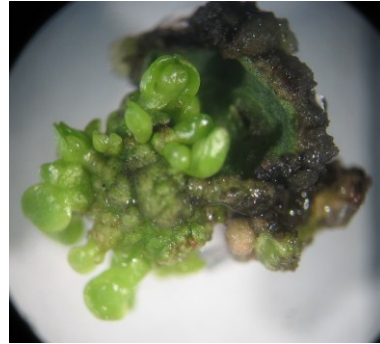
Plántula germinada *in vitro* para fuente de explanto. © G.Ayala



Seccionamiento de la plántula para selección de explantos



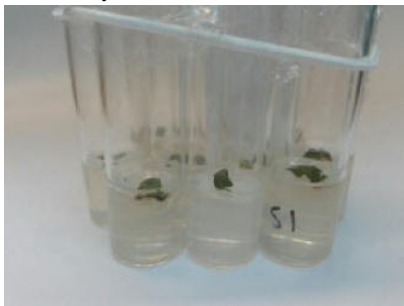
Siembra de los explantos en tubos con medio de cultivo. © G.Ayala



Callo regenerando vástagos © G.Ayala



Vástago ya regenerado © G.Ayala



Tubos con medio de cultivo y cotiledones de algodón usados como explanto para la multiplicación © C.Luna.



Micropropagación de arroz © M.A.Marassi.



Frascos con micropropagación de arroz *in vitro* por macollos © M.A.Marassi.

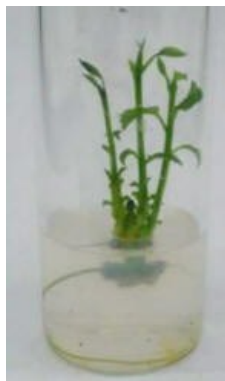
La multiplicación del explanto puede originar:

- **Organogénesis:** formación de vástagos, raíces y/o tallos que originen una o varias plantas nuevas completas. Este proceso puede llevarse a cabo en varias etapas, modificando la composición química del medio de cultivo y valiéndose de reguladores de crecimiento.
- **Embriogénesis somática:** formación de embriones somáticos (sin fecundación).

Organogénesis



Regeneración de vástagos de Guatambú *in vitro* © C.Luna



Enraizamiento *in vitro* de Lapacho en medio semisólido © C.Luna

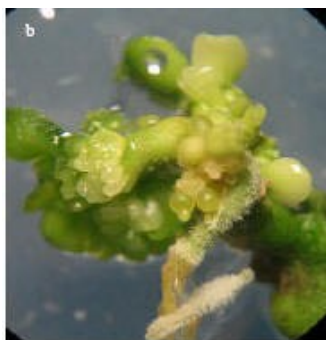


Enraizamiento *in vitro* de Lapacho en bioreactores de inmersión temporal © C.Luna

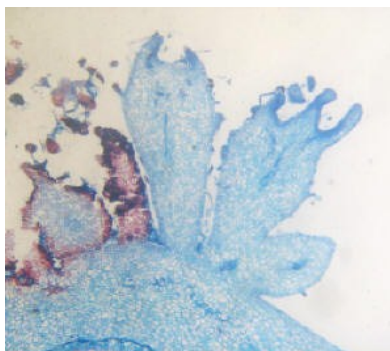


Enraizamiento *in vitro* de *Ilex paraguariensis* en bioreactores de inmersión temporal (note el sistema radical en estrella) © C.Luna

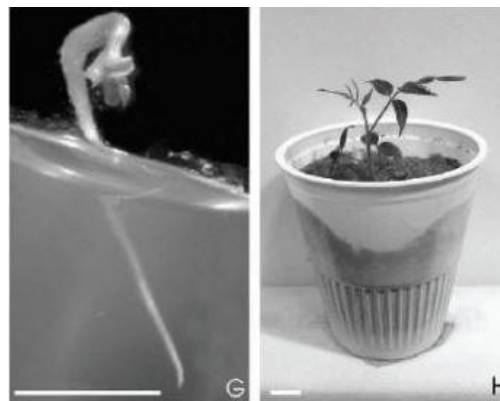
Embriogénesis somática



Callo con embriones de *C. sinensis*
© Anna Ling Pick Kiong



Embriones formados sobre el explanto de *Melia azedarach* © S.Vila)



Embriogénesis somática y regeneración de plantas de *Cedrela fissilis* © S.Vila

La formación de nuevas estructuras puede ser **directa**: a partir de células del explanto, o **indirecta**, formando primero un **callo** o cúmulo de tejido poco diferenciado y amorfo, constituido principalmente por parénquima fundamental.

Regeneración directa



Formación de vástagos de *Grevillea robusta* directamente a partir de estacas © C.Luna

Regeneración indirecta



Formación de vástagos a partir de un callo © M.A.Marassi

Semilla sintética: el resultado del cultivo *in vitro* puede alojarse o incluirse en cápsulas gelificadas y plantarse como "semillas artificiales o sintéticas".

Actualmente el concepto de semilla sintética ha sido ampliado, consistiendo no sólo en la encapsulación de embriones somáticos, sino también de meristemas caulinares, yemas axilares o segmentos nodales, que pueden ser sembrados tanto en condiciones *in vitro* como *ex vitro*



Semilla "artificial o sintética" de mandioca, © Schaller 2016

El procedimiento de cultivo *in vitro* se aplica en una gran variedad de plantas desde hierbas hasta árboles, especies comestibles hasta ornamentales. El cultivo de tejidos y células vegetales tiene otras aplicaciones tales como:

- propagación clonal.
- obtención de líneas de plantas genéticamente muy uniformes.
- almacenamiento o transporte de germoplasma vegetal.
- producción a gran escala de plantas libres de agentes patógenos (ej. bacterias, virus).
- participa de los procesos de transgénesis.

Apomixis o Agamospermia

Es una forma de multiplicación asexual con la formación de semillas con un embrión genéticamente idéntico a la planta materna, que se formó sin las etapas normales de la reproducción sexual

- NO reducen a la mitad el contenido de cromosomas durante la formación de las células reproductivas (gametas).
- NO hay fecundación.
- Se desarrolla un embrión GENÉTICAMENTE IDÉNTICO a la planta madre.

Los embriones se originan a partir de células del óvulo, o sea maternas. Se forma una semilla verdadera y perfecta, que contiene adentro un individuo idéntico a la planta materna. A veces la fecundación es necesaria para formar el endosperma, pero otras veces éste se desarrolla en forma autónoma.

Este modo de reproducción aparece naturalmente en muchas especies de plantas como las frutillas, la manzana, los cítricos, el mango, la mandioca y numerosas gramíneas forrajeras como el pasto horqueta (*Paspalum notatum*) y el pasto llorón (*Eragrostis curvula*).

Existen dos tipos de apomixis:

- **Esporofítica o embrionía adventicia:** uno o varios embriones se forman a partir de células no reducidas del óvulo, como ser la nucela o tegumentos. Simultáneamente ocurre meiosis que forma megásporas reducidas y un saco embrionario normal, que por fecundación forma un embrión. La semilla resultante puede tener entonces varios embriones (uno sexual y varios apomícticos genéticamente iguales a la madre).

APOMIXIS: Embrionía adventicia

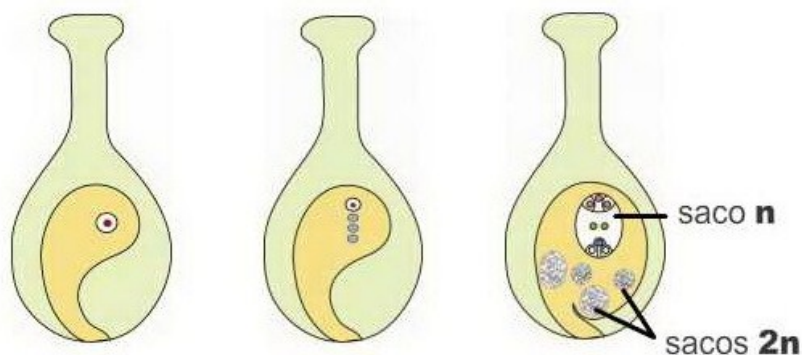
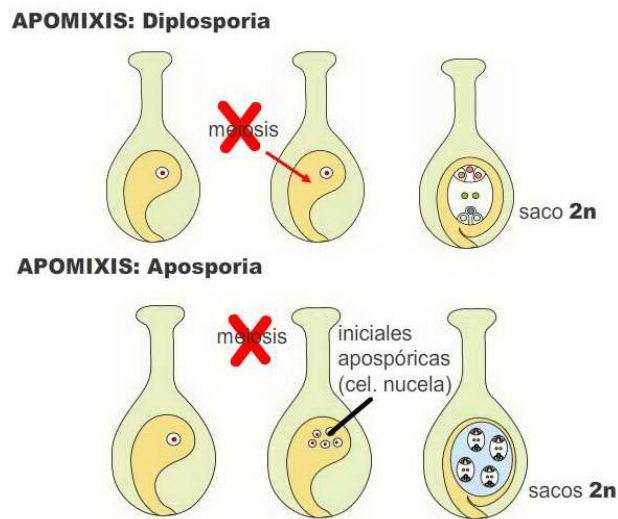


Imagen modificada de Hartmann and Kester's *Plant Propagation, Principles and Practices* 8th ed.

- **Gametofítica:** la meiosis se altera o no ocurre, en consecuencia el saco embrionario tiene sus células con la dotación completa de cromosomas (2n). No hay fecundación y la ovocélula forma directamente el cigoto y luego embrión (por partenogénesis), lo que mantiene las características maternas en su totalidad. La formación de este saco puede tener dos orígenes:

- Diplosporia: la célula madre de la megáspora no sufre meiosis o no la completa, formando un saco embrionario tipo *Polygonum* de células no reducidas ($2n$). Es común en pastos y Asteraceae.
- Aposporia: células de la nucela forman directamente (por mitosis) uno o varios sacos embrionarios ($2n$).



Imágenes modificadas de Hartmann and Kester's *Plant Propagation, Principles and Practices* 8th ed.

BIBLIOGRAFÍA

- Aitken-Christie, J., T. Kozai & M. Smith. 1995. Glossary. En: Aitken-Christie, J., T. Kozai & M. Smith (Eds.). *Automation and Environmental Control in Plant Tissue Culture*, ix-xii p. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. The Neetherlands.
- Biotecnología y Mejoramiento Vegetal II. Editores: V. Echenique, C. Rubinstein, E. Hopp y L. Mroginski. http://intainforma.inta.gov.ar/wp-content/uploads/2010/09/bio_WEB.pdf
- Carneiro V.T.C., D.M.A. Dusi, J.P. A. Ortiz. 2006 *Apomixis: Occurrence, Applications and Improvements Floriculture, Ornamental and Plant Biotechnology Volume I*.
- Caracoche, C., Ing. Agr Morelli, G.UNLP. http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/file.php/23/CURSADA/TP-S3-Guia_injertos.pdf
- Fogliata, F. 1995. *Agronomía de la caña de azúcar. Tecnología. Costos. Producción. Tomo I*. Ediciones El Graduado, Tucumán, Argentina. 1451 págs.
- Font Quer, P. 1993. *Diccionario de Botánica*. Ed. Labor. Barcelona.
- Hartmann, Hudson T. *Propagación de plantas: principios y prácticas*. México: Compañía Editorial Continental, 1987. 760 p. ISBN: 968-26- 0156-8.
- León, J. 1987. *Botánica de los cultivos tropicales*. 445p. San José, Costa Rica. IICA
- Lima, J., A. Lima, A. Bolfarini, S. Modenese-Gorla Da Silva. 2011. Enraizamento de estacas de *Camellia sinensis* L. em função da época de coleta de ramos, genótipos e ácido indolbutírico. *Ciência Rural* 41: 230-235.
- Mainardi Fazio, Fausta. *Manual práctico del horticultor moderno*. Barcelona: De Vecchi, 1992. 222 p.: il. byn. (Colección Agricultura y Horticultura)
- Marzocca, A.. 1993. *Manual de malezas*. 4a ed. 684 p. Buenos Aires: Hemisferio Sur,
- Mejía de Tafur, M. S. 2002. *Fisiología de la Yuca (Manihot esculenta Crantz)*. La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. CIAT, Cali, Colombia. pp. 34–45.
- Pessino S., J.P. Ortiz, V. Echenique, A. González; G. Seijo, C. Quarín. 2008. Apomixis: una herramienta poderosa para el mejoramiento. *Agromensajes* 26, Facultad de Ciencias Agrarias UNR. <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/26/2AM26.htm>
- Roca, William M. *Cultivo de tejidos en la agricultura: fundamentos y aplicaciones*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1991. 969 p. ISBN: 958-9183- 15-8.

- Salas, Sanjúan. 2004. El cultivo de la caña de azúcar en la costa granadina. Universidad Almería, España. 109 p.
- Sessa, C. 2013. Análisis de Diagnóstico Tecnológico Sectorial Yerbatero y Tealero. Ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, Argentina. 76 págs.
- SORGHUM HALEPENSE. L. PERS. (SORGO DE ALEPO): BASE DE CONOCIMIENTOS PARA SU MANEJO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Ing. Agr. Eduardo Leguizamón*. 2006. http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_combate_de_plagas_y_malezas/94-sorghum_halepense.pdf
- Suárez Guerra, L., V. Mederos Vega. 2011. Apunte sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) tendencias actuales. Cultivos Tropicales. 32 (3): 27-35.

COLABORADORES: esta página tuvo la **valiosísima** contribución de docentes e investigadores las siguientes cátedras de Facultad de Ciencias Agrarias, UNNE (Corrientes) que además de facilitarnos muchas imágenes contribuyeron con sus conocimientos sobre los cultivos locales.

- Silvicultura y Lab. Biotecnología aplicada y genómica funcional, Prof. Claudia Luna, Gabriela Ayala y colaboradores.
- Cultivos III, Profs. Angela Burgos, Ricardo Medina y Pamela Dirchwolf.
- Fruticultura, Prof. Paula Alayón Luaces.
- Fisiología Vegetal, Prof. María Antonia Marassi.
- Terapéutica, Prof. José Tarragó

ENLACES

- CEBOLLA: <http://inta.gob.ar/documentos/manual-del-cultivo-de-la-cebolla>
- PAPA: <https://redepapa.org/2015/02/02/el-cultivo-de-la-papa-en-argentina/>
- Multiplicación de vegetales en su hogar: <http://www.cuentamealgobueno.com/2015/08/no-los-tires-a-la-basura-pueden-volver-a-crecer>