

Libros de **Cátedra**

Introducción a la propagación vegetal

De la fisiología a la práctica integrada

Gustavo Esteban Gergoff Grozeff

Marcela Fabiana Ruscitti, Daniel Oscar Gimenez
(coordinadores)

n
naturales

FACULTAD DE
CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES


EDITORIAL DE LA UNLP



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

INTRODUCCIÓN A LA PROPAGACIÓN VEGETAL

DE LA FISIOLOGÍA A LA PRÁCTICA INTEGRADA

Gustavo Esteban Gergoff Grozeff

Marcela Fabiana Ruscitti

Daniel Oscar Gimenez

(coordinadores)

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA



A la Universidad Nacional de La Plata y su editorial por dejar plasmar nuestras ideas y herramientas a disposición de la sociedad. A los estudiantes de las distintas cohortes que nos siguieron fielmente en el Taller de Introducción a la Propagación Vegetal. A todos los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP que le dieron el marco multidisciplinario a los Talleres y a la presente obra. A la Secretaría de Extensión de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales por haber confiado año tras año en nuestra propuesta de extensión, abriendo una puerta de la Universidad para toda la comunidad. Al Instituto de Fisiología Vegetal (INFIVE) por brindar el espacio para este proyecto.

Agradecimientos

A nuestra querida Casa de Altos Estudios, por brindarnos la oportunidad de desarrollar nuestra obra con el fin de acercar herramientas a la difícil tarea de la multiplicación de especies vegetales. A los profesores del Curso de Fisiología Vegetal, Daniel Gimenez y Marcela Simontacchi, que desde el inicio dieron su apoyo incondicional a esta propuesta de extensión que no ha parado de crecer en los últimos años. A los docentes de los cursos de Fisiología Vegetal, Zoología Agrícola, Horticultura, Fruticultura, Fitopatología y Protección Forestal por darle una impronta multidisciplinaria a esta obra. Al Ing. Agr. Mario Ferrari, responsable técnico del vivero Las Delicias y a la Ing. Agr. Susana Gamboa, responsable técnica del vivero Di Carlo por las fructíferas visitas a sus establecimientos, abriendo las puertas al conocimiento de los secretos de este arte. También hacemos extensivo este agradecimiento a las autoridades de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, especialmente a la Secretaría de Extensión, por confiar en esta propuesta que ha ido creciendo a pasos agigantados en el número de participantes y por el financiamiento otorgado. A todos los cursantes en las distintas modalidades de este Taller, que fieles en su participación activa, han brindado sus críticas y consejos para mejorar nuestras herramientas de enseñanza-aprendizaje, las cuales nos permitieron crecer como docentes.

Esta obra está dedicada a todos los productores, viveristas, docentes, estudiantes, profesionales y aficionados, entendiendo a la Propagación Vegetal como un arte y luego como una ciencia.

Índice

Prólogo	8
Capítulo 1	
Generalidades de la propagación de plantas e insumos	9
<i>Marcela Ruscitti, Gustavo Esteban Gergoff Grozeff y Daniel Gimenez</i>	
Capítulo 2	
Fundamentos de Morfología y Fisiología Vegetal	20
<i>Alejandra Carbone</i>	
Capítulo 3	
Biología reproductiva de las plantas terrestres	45
<i>Virginia M.C. Luquez</i>	
Capítulo 4	
Propagación por semillas y fisiología de la germinación	65
<i>Eduardo A. Tambussi</i>	
Capítulo 5	
Estacas	92
<i>Gustavo Esteban Gergoff Grozeff y Daniel Gimenez</i>	
Capítulo 6	
Acodos	122
<i>Gustavo Esteban Gergoff Grozeff y María de los Ángeles Romero</i>	
Capítulo 7	
Injertación: Fundamentos y técnicas	141
<i>Gustavo Esteban Gergoff Grozeff y Gabriela Andrea Morelli</i>	
Capítulo 8	
Propagación de especies nativas	183
<i>Juan Marcelo Gauna, Valentina Balirán y Daniel O. Gimenez</i>	
Capítulo 9	
Plantas Ornamentales	210
<i>Blanca Susana Gamboa y Victoria Fernández Acevedo</i>	

Capítulo 10

Fundamentos de la micropropagación en plantas _____ 241

Marcela Ruscitti

Capítulo 11

Ejemplos de micropropagación en plantas de interés comercial _____ 262

Marcela Ruscitti

Capítulo 12

Organismos perjudiciales en viveros _____ 273

Alejandro Moreno Kiernan y Elisabet Mónica Ricci

Capítulo 13

Enfermedades de las plantas leñosas en vivero _____ 307

Alberto M. Aprea

Capítulo 14

Enfermedades de las plantas herbáceas en vivero _____ 317

Cecilia I. Mónaco

Capítulo 15

Ciclos productivos y legislación _____ 326

Gustavo Esteban Gergoff Grozeff y María de los Ángeles Romero

Los autores _____ 344

CAPÍTULO 3

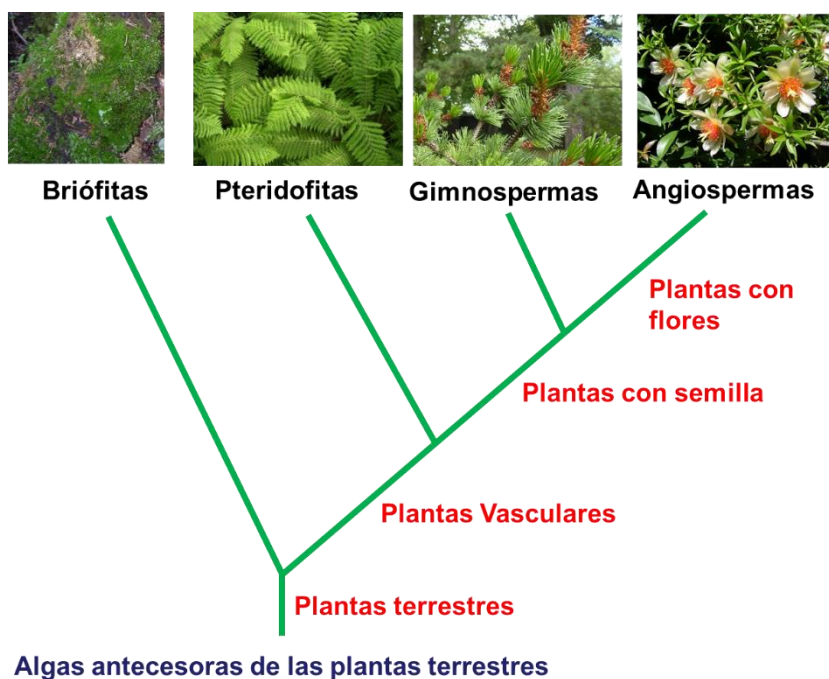
Biología reproductiva de las plantas terrestres

Virginia M.C. Luquez

Ciclos Biológicos de las plantas terrestres

Se considera que todas las plantas terrestres descienden de un antepasado común, un grupo de algas acuáticas, y para adaptarse al nuevo ambiente tuvieron que desarrollar estructuras para regular la pérdida de agua: los estomas y la cutícula (Capítulo 2). Las plantas terrestres incluyen a las Briófitas (musgos) y a las **plantas vasculares** que tienen tejido de conducción (xilema y floema) especializado en el transporte de agua y nutrientes (Capítulo 2). En este capítulo, nos vamos a concentrar en la reproducción de las plantas vasculares, que comprenden tres grandes grupos: las Pteridofitas, las Gimnospermas y las Angiospermas (Figura 3.1).

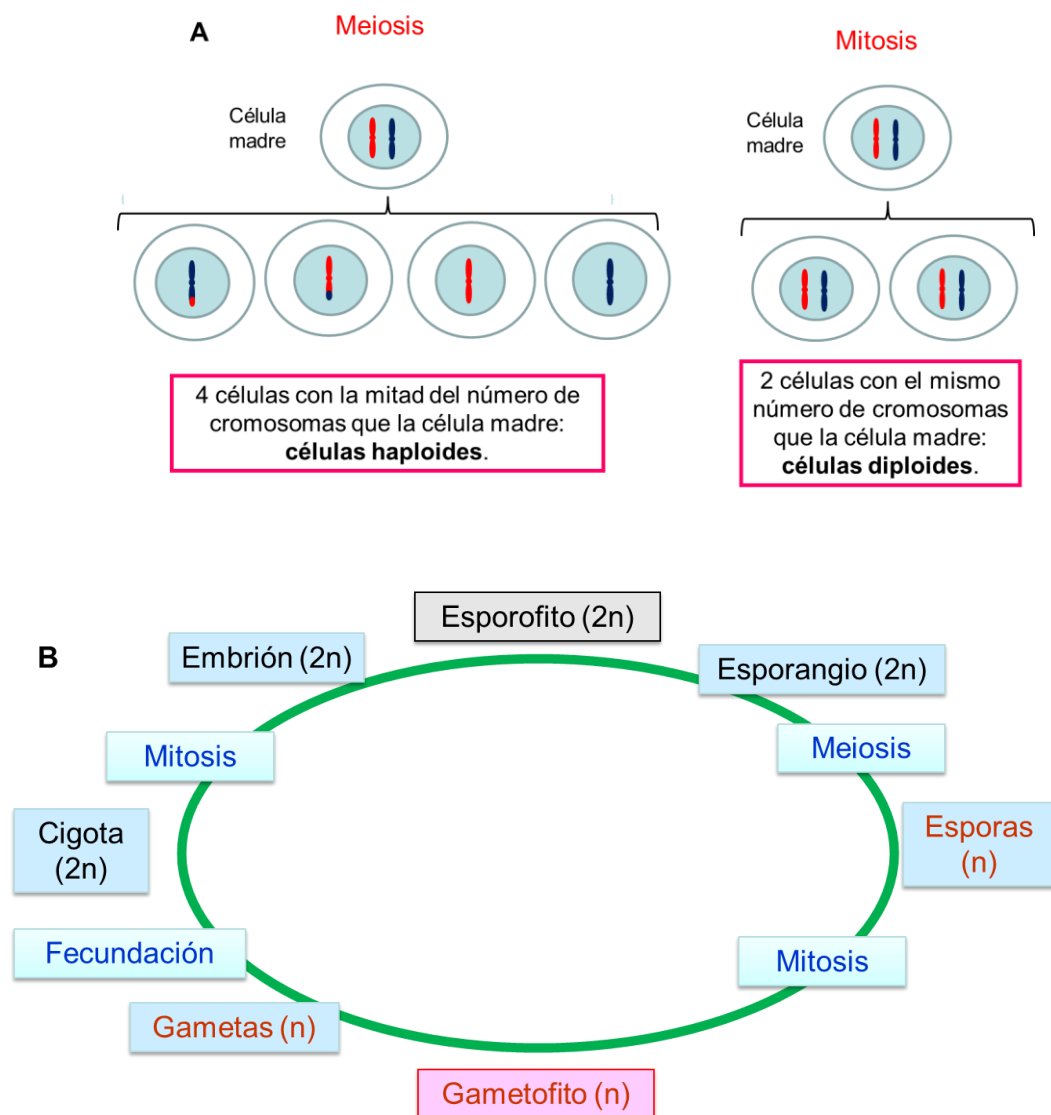
Figura 3.1



Nota. Esquema representando la relación entre los principales grupos de plantas terrestres. (Elaboración propia).

En las plantas, la información necesaria para el funcionamiento de las células se encuentra codificada en la secuencia del ADN (ácido desoxirribonucleico). La secuencia del ADN constituye el **genoma** de la planta, y se duplica cuando las células se dividen. En los organismos eucariotas, el ADN está organizado en estructuras discretas denominadas **cromosomas**, que se encuentran en el núcleo de la célula. El número de cromosomas es característico de cada especie y son visibles solamente durante la división celular. Las células se pueden dividir mediante dos mecanismos fundamentales: la mitosis y la meiosis (Figura 3.2 A).

Figura 3.2



Nota. A. Esquema representando la mitosis y la meiosis. B. Ciclo de vida generalizado de una planta terrestre, con alternancia de generaciones. (Elaboración propia).

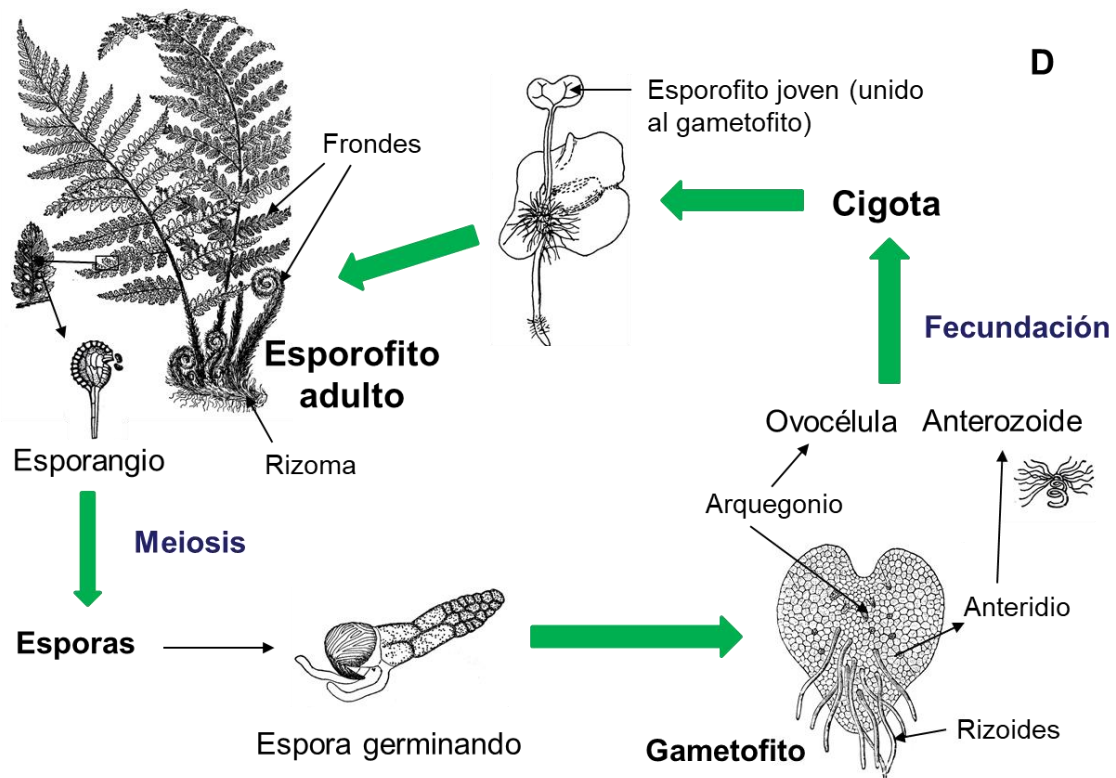
En la **mitosis**, una célula madre origina dos células hijas con el mismo número de cromosomas que la célula madre, mientras que por **meiosis** una célula madre origina cuatro

células hijas con la mitad del número de cromosomas de la célula madre. Si una célula tiene solamente un juego de cada cromosoma, se dice que es **haploide**, y ese número de cromosomas se denomina **n**. Si tiene dos juegos de cada cromosoma se denomina **diploide**, y el número de cromosomas es **2n**. Puede ocurrir que haya plantas u órganos con más de dos juegos de cromosomas, que se denominan **poliploides**. En el ciclo de vida de una planta alternan estructuras haploides y diploides, esto se denomina **alternancia de generaciones** (Figura 3.2 B). La generación diploide es el **esporofito**, el cual produce estructuras denominadas **esporangios**, en los cuales, por meiosis, se producen **esporas** haploides (**n**). Las esporas se dividen por mitosis, originando un **gametofito** haploide, el cual originará las **gametas** (**n**). Las gametas se unen en la **fecundación**, originando una célula **2n**: la **cigota**. A partir de la cigota se origina por mitosis un **embrión** pluricelular, que se diferenciará en un nuevo esporofito. Todas las plantas terrestres comparten este ciclo de vida básico, la principal diferencia es que en las **Briófitas** la generación predominante es el gametofito, mientras que **en las plantas vasculares predomina el esporofito**.

Las **Pteridofitas** incluyen a las **plantas vasculares que no producen semillas**, de las cuales el grupo más importante son los **helechos**, que tienen importancia como plantas ornamentales (Figura 3.3 A, B y C).

Figura 3.3.

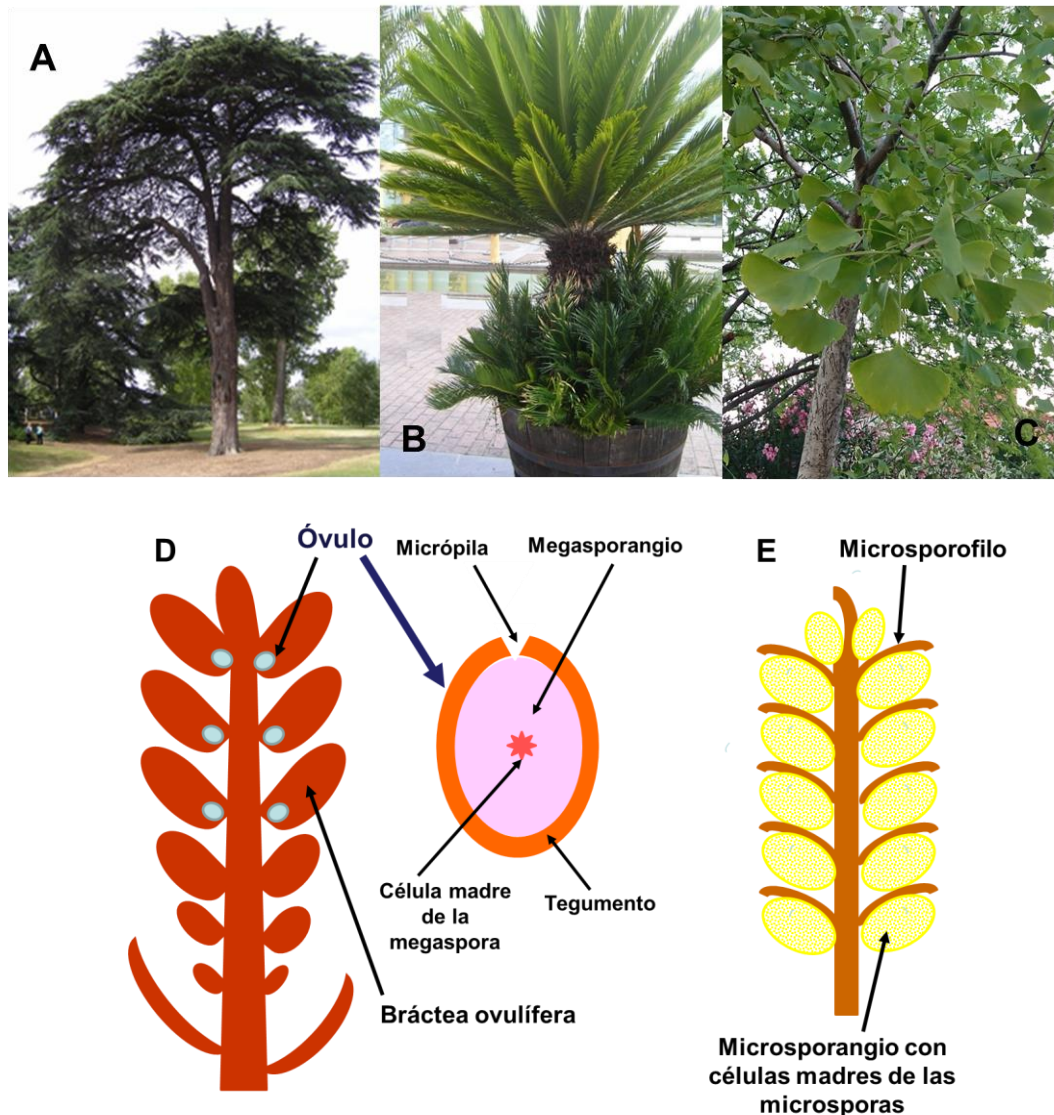




Nota. A: *Nephrolepis cordifolia* "helecho serrucho". B: *Asplenium nidus* "helecho nido de ave". C: *Platyserium bifurcatum* "helecho cuerno de alce". D: Ciclo de vida de un helecho. Dibujos tomados de: <https://etc.usf.edu/clipart/galleries/310-ferns>.

El esporofito adulto de los helechos está diferenciado en raíces, hojas (denominadas **frondes**) y un tallo rizomatoso (Figura 3.3 D). En el envés de las hojas se desarrollan los **esporangios**, donde por meiosis se producirán las **esporas** que originarán el **gametofito**. El gametofito es independiente, pero tiene una estructura simple, en forma de corazón, y un tamaño reducido comparado con el esporofito. En la parte inferior del gametofito se desarrollan los **arquegonios**, que producen la gameta femenina, denominada **ovocélula**, y los **anteridios**, que producen las gametas masculinas, los **anterozoides**. Los anterozoides tienen flagelos que les permiten nadar hasta la ovocélula, en consecuencia, los helechos necesitan un ambiente húmedo para que la fecundación pueda ocurrir. Las gametas se unen formando la **cigota** que dará origen al **embrión**. En los primeros estadios de desarrollo el esporofito joven permanece unido al gametofito, que finalmente se desintegra cuando el esporofito enraíza en el suelo.

Figura 3.4

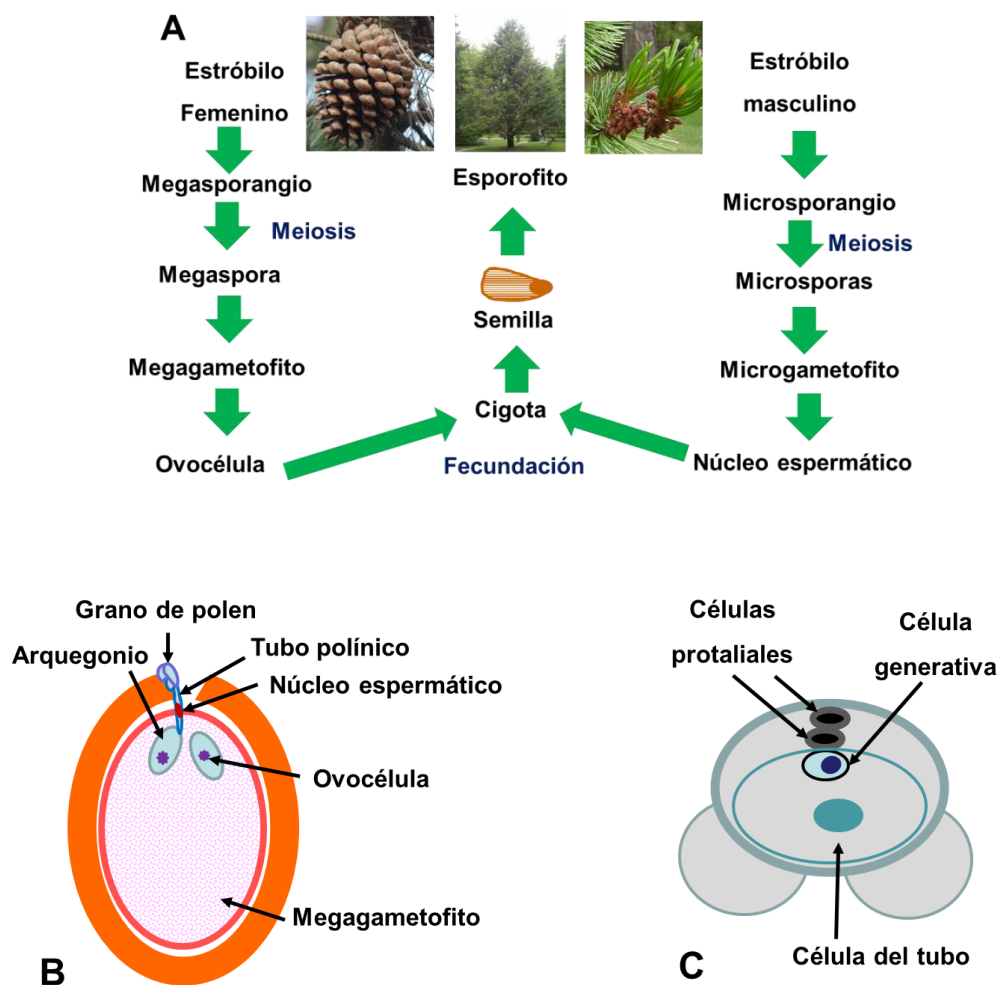


Nota. A. Una Conífera: *Cedrus libani* “cedro del Líbano”. B: *Cycas revoluta* “cica”. C: *Ginkgo biloba* “ginkgo”. D: Esquema de un estróbilo femenino de una conífera con detalle de la estructura del óvulo. E: Esquema de un estróbilo masculino de una conífera con microsporangios. (Elaboración propia).

Las Coníferas son el principal grupo de Gimnospermas debido al número de especies y a su importancia económica (Figura 3.4 A). Este grupo incluye a los pinos, cedros, abetos, cipreses, juníperos y araucarias, entre otros. Sin embargo, hay Gimnospermas que no son Coníferas y se cultivan como especies ornamentales, como es el caso de las cicas y el ginkgo (Figuras 3.4 B y C). Las Gimnospermas producen **semillas**, que se forman a partir de la fecundación del **óvulo**. El óvulo consiste del **macrosporangio** (también denominado **nucelo**), rodeado por el **tegumento** y con una apertura en un extremo, la **micrópila** (Figura 3.4 D). En las Coníferas, los

óvulos están asociados a **brácteas ovulíferas**, que en muchas especies se agrupan en estructuras de forma cónica denominadas **estróbilos** o **conos femeninos** (Figura 3.4D). Los **microsporangios** están asociados a **microsporofilos** y agrupados en **estróbilos** o **conos masculinos** (Figura 3.4 E). Normalmente hay dos microsporangios por microsporofilo, y los estróbilos masculinos son de menor tamaño que los femeninos. Puede ocurrir que una misma planta produzca conos femeninos y masculinos, como las Coníferas (plantas **monoicas**) o que estén presentes en individuos separados (plantas **dioicas**), como en el caso de las cicas y ginkgo.

Figura 3.4



Nota. A: Ciclo de vida de un pino. B: Esquema del ovulo con el megagametofito (gametofito femenino) que luego de la fertilización se convertirá en la semilla. C: Grano de polen inmaduro (microgametofito/gametofito masculino) de un pino. (Elaboración propia).

La Figura 3.4 A muestra el ciclo de vida de un pino. En el óvulo, una única célula madre origina por meiosis cuatro **megasporas**, de las cuales tres degeneran y la restante origina el **megagametofito**. A diferencia de los helechos, el megagametofito no es libre, sino que se

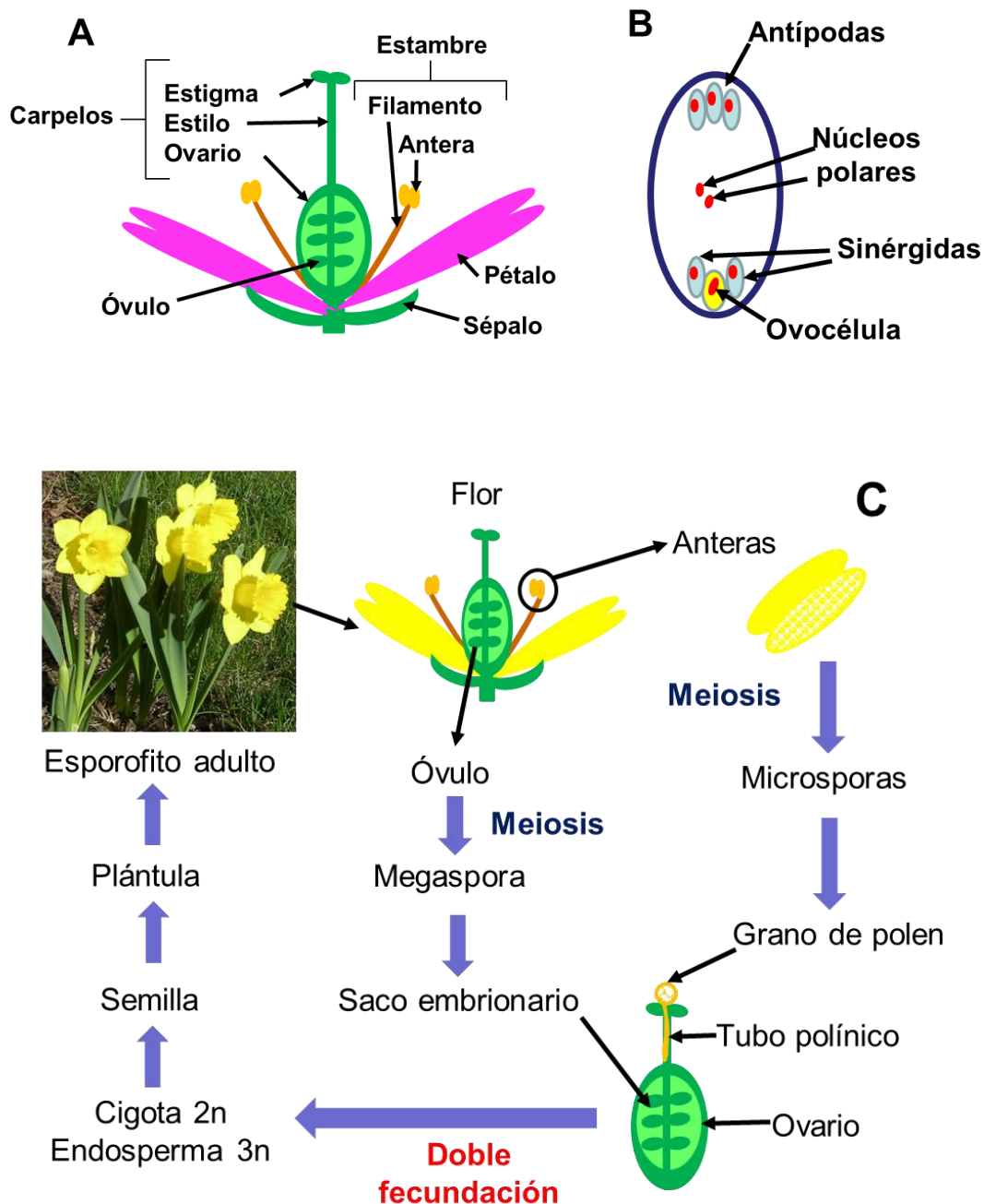
desarrolla dentro del óvulo y permanece unido a la planta madre, formando **arquegonios** donde se desarrollarán las gametas femeninas, las **ovocélulas** (Figura 3.4B). En los microsporangios, numerosas células madre producen por meiosis cuatro **microsporas**, cada una de las cuales originará un **grano de polen** o **microgametofito**, que está muy reducido y no forma anteridios (Figura 3.4C). El grano de polen está formado por cuatro células (Figura 3.4 C): dos **células protaliales** que degeneran, la **célula del tubo** que genera el tubo polínico, y la **célula generativa**. Los granos de polen son liberados en grandes cantidades por los estróbilos masculinos, y son trasladados por el viento hacia los conos femeninos. Cuando el grano de polen llega al óvulo, se genera el **tubo polínico** que crece hasta llegar a los arquegonios. La célula generativa se divide por mitosis, una de las células degenera y la otra es el **núcleo espermático**. A través del tubo polínico, el núcleo espermático llega hasta la ovocélula, con la cual se fusiona formando la **cigota**, de modo que no es necesaria la presencia de agua para que ocurra la fecundación. El óvulo fecundado se convierte en **semilla**, que contiene al embrión y la sustancia de reserva, el **endosperma**, que es el tejido del megagametofito. La semilla de los pinos tiene un ala membranosa para facilitar su dispersión por el viento, y eventualmente germinará originando un nuevo esporofito.

Las **Angiospermas** se caracterizan por la presencia de **flores**, constituidas por hojas modificadas que forman el cáliz, la corola, el androceo y el gineceo. El **cáliz** está constituido por los **sépalos**, la **corola** por los **pétalos**, en conjunto constituyen el **perianto**. Normalmente los sépalos son semejantes a hojas y los pétalos tienen colores llamativos para atraer a los animales polinizadores. En algunas flores, los sépalos son similares morfológicamente a los pétalos, en ese caso ambos se pueden denominar **tépalos**. Las partes reproductivas son el **androceo** constituido por los **estambres** y el **gineceo** formado por los **carpelos** (Figura 3.5.A). Los estambres están constituidos por el **filamento** y las **anteras**, que contienen los **microsporangios** o **sacos polínicos** (Figura 3.5 A). El gineceo está constituido por hojas modificadas, los **carpelos**, que **encierran a los óvulos**. Esta es la principal diferencia con las Gimnospermas, ya que en estas los óvulos están expuestos y no encerrados por los carpelos como en las Angiospermas. En la mayoría de las Angiospermas los carpelos se fusionan formando el **ovario**, que encierra los óvulos, el **estilo** y el **estigma**, que recibe al grano de polen (Figura 3.5 A). Si todas las partes están presentes, la flor se denomina **perfecta**, pero si falta alguna de las partes se considera **imperfecta**. Por ejemplo, en las especies dioicas, existen flores donde sólo está presente el androceo o el gineceo. Una de las diferencias entre los dos grandes grupos de Angiospermas, las **Monocotiledóneas** y las **Dicotiledóneas**, es que el número de piezas florales es de 3 o múltiplo de 3 en las primeras, y de 4-5 o múltiplo de estos números en las segundas (Figura 3.6). Las flores pueden ser solitarias o estar agrupadas en **inflorescencias**.

La Figura 3.5 C muestra el ciclo de vida de una Angiosperma. El esporofito adulto produce flores, los microsporangios por meiosis producen microsporas, que van a originar el **grano de polen** (gametofito masculino), que es liberado con la apertura de las anteras (dehiscencia). El grano de polen inmaduro tiene dos células, una que dará origen al tubo polínico (**célula del tubo**), y una **célula generativa** que se dividirá posteriormente originando dos **núcleos espermáticos**.

En los óvulos, una única célula madre experimenta meiosis originando cuatro megasporas, de las cuales tres degeneran y la restante origina el **megagametofito** o **saco embrionario**. El megagametofito se desarrolla dentro del óvulo, como en las Gimnospermas, pero está reducido a unas pocas células (Figura 3.5 B): tres **antípodas**, dos **sinérgidas**, la **ovocélula** y una célula central con dos núcleos (**núcleos polares**).

Figura 3.5



Nota. A: Esquema general de una flor indicando sus partes. B: Esquema del saco embrionario o megagametofito. C: Ciclo de vida de una Angiosperma. (Elaboración propia).

Cuando el grano de polen llega al estigma (Figura 3.5 C), germina formando el tubo polínico que crece a través del estilo hasta llegar a la micrópila del óvulo, descargando finalmente los núcleos espermáticos. Uno de los núcleos espermáticos se une a la ovocélula, formando la **cigota**, y posteriormente el **embrión**. El segundo núcleo espermático se fusiona a los núcleos polares, formando una **célula 3n** que dará origen al **endosperma**. Este proceso se denomina **doble fecundación** y es característico de las Angiospermas. Luego de la fecundación, el óvulo se convertirá en **semilla**, y el ovario en el **fruto**.

Figura 3.6



Nota. Variabilidad en la morfología floral de las Angiospermas. Dicotiledóneas A: *Camelia japonica* “camelia”, B: *Impatiens walleriana* “alegría del hogar”. Monocotiledóneas C: *Lilium lancifolium* “azucena atigrada”, D: *Tulipa spp.* “tulipán”. (Elaboración propia).

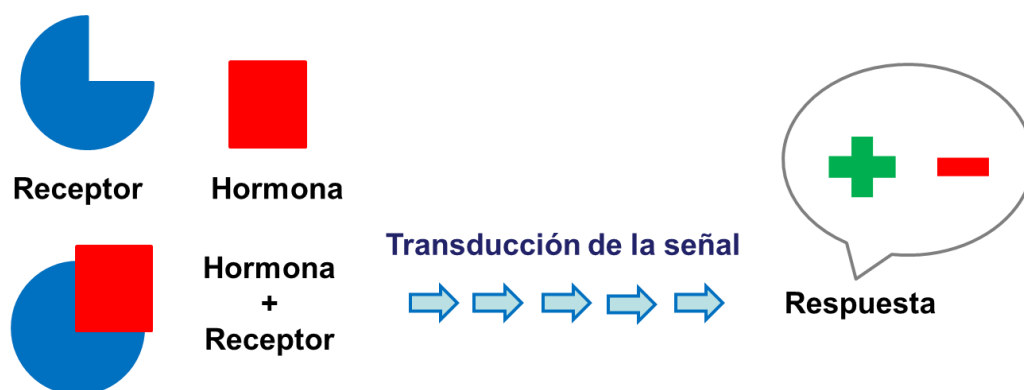
El ciclo reproductivo que implica formación de gametas y fecundación se denomina **reproducción sexual**, en este caso los hijos son genéticamente diferentes a los padres. El nuevo esporofito hereda un juego de cromosomas de cada uno de los padres. Asimismo, durante la duplicación del ADN puede ocurrir un error en la copia de la secuencia, originando una **mutación**. Si esa mutación ocurre durante la formación de las gametas, puede ser transmitida a la descendencia. Todos estos factores contribuyen a que la reproducción sexual aumente la variabilidad genética de una especie. Los individuos con distinta información genética van a responder de manera diferente ante las variaciones ambientales, permitiendo a la especie

adaptarse a un medio cambiante en el largo plazo. Sin embargo, puede ocurrir que un individuo se reproduzca sin la intervención de gametas. Este proceso se denomina **reproducción vegetativa** o **asexual**, y origina un individuo genéticamente idéntico a la planta madre: un **clon**. Esta capacidad de las plantas de reproducirse asexualmente ocurre en la naturaleza, y se utiliza extensivamente en la propagación de plantas, como se verá en detalle en los siguientes capítulos. Normalmente, cuando se multiplica una planta utilizando semillas la reproducción es sexual. Sin embargo, hay una excepción. Puede suceder que se forme un embrión y una semilla a partir de una célula $2n$, sin formación de gametas ni fecundación. Este proceso se denomina **apomixis**, y en este caso los individuos son clones de la planta madre. La apomixis ocurre en algunas variedades de citrus, palta y gramíneas (pastos).

Las hormonas vegetales y su rol en la propagación

Las hormonas son sustancias químicas sintetizadas por las plantas, que en bajas concentraciones (del orden de 10^{-6} molar) regulan distintos procesos fisiológicos. Las hormonas se trasladan al órgano donde ejercerán su efecto, uniéndose a un receptor específico (Figura 3.7). La unión de la hormona al receptor activa una cadena de transducción de señales que desencadenará una respuesta, que puede implicar tanto la promoción como la inhibición de un determinado proceso fisiológico. Los reguladores son sustancias artificiales (producidas por el hombre) que tienen acción hormonal. En el caso de la propagación, se utilizan preferentemente reguladores.

Figura 3.7



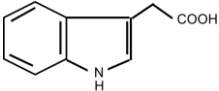
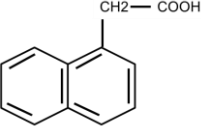
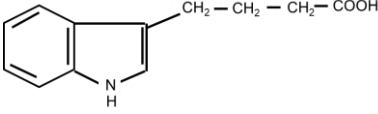
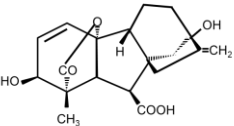
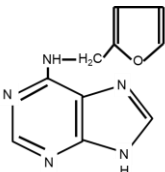
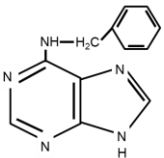
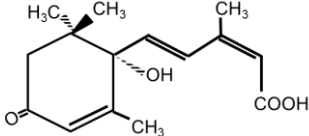
Nota. Mecanismo de acción de las hormonas. La respuesta desencadenada puede ser tanto la promoción como la inhibición de un proceso. (Elaboración propia).

Hay numerosas hormonas en las plantas, pero las más importantes para la propagación son las **auxinas**, las **giberelinas**, el **etileno**, las **citocininas** y el **ácido abscísico (ABA)**. La estructura química y los principales efectos de estas hormonas se resumen en la Tabla 3.1. La función específica de cada una de las hormonas en los distintos métodos de propagación se indicará en detalle en el capítulo correspondiente.

Uno de los procesos en los cuales intervienen las hormonas es la regulación del crecimiento de las plantas. Se define al **crecimiento** como el aumento irreversible de una variable cuantitativa (peso, altura, diámetro, número de células, etc.). Un caso particular es el **crecimiento estacional** en árboles de hoja caduca en los climas templado-fríos. Durante la primavera y el verano, los meristemas están en **crecimiento activo**, mientras que en el invierno no crecen y las yemas se encuentran en **reposo**. Ese estado de reposo se debe a factores internos de la planta, y se denomina **dormición** (Figura 3.8).

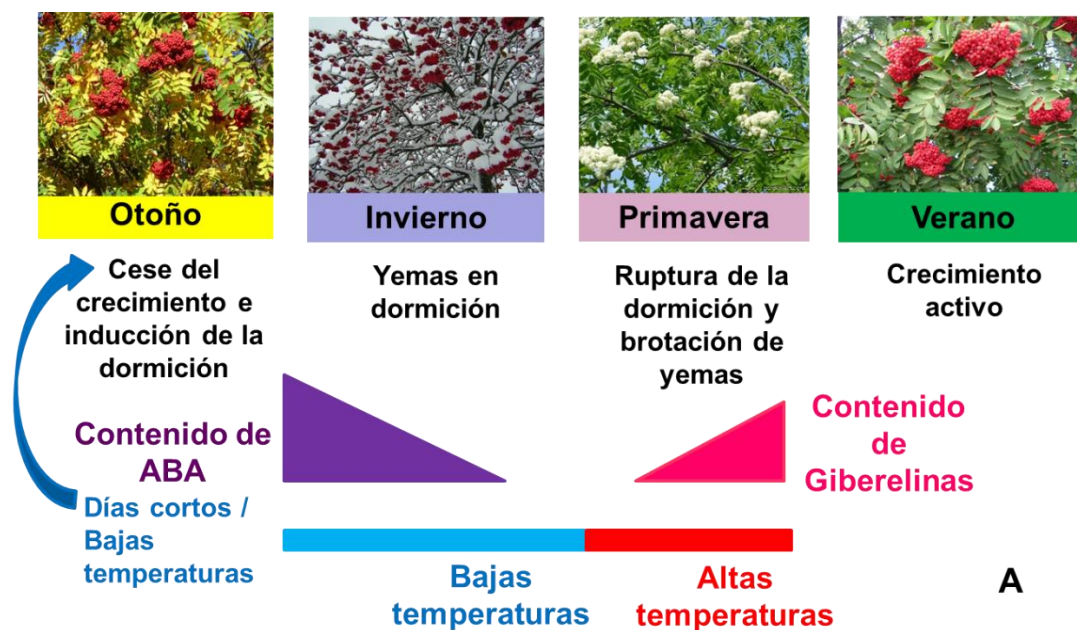
Tabla 3.1.

Principales hormonas y reguladores vegetales involucrados en la propagación de plantas

Grupo Hormonal	Principales efectos sobre la propagación
Auxinas  Ácido Indol Acético (AIA)  Ácido Naftalén Acético (ANA)  Ácido Indol Butírico (AIB)	# Promueven la división y alargamiento celular y la formación de órganos (cultivo <i>in vitro</i>). # Favorecen la formación de raíces adventicias en estacas. # Inhiben la brotación de yemas laterales.
Giberelinas  Ácido Giberélico (AG3)	# Promueven el crecimiento en longitud de la planta entera. # Promueven la floración en especies en roseta en días cortos. # Promueven la germinación de semillas y la brotación de yemas.
Citocininas  Cinetina  BAP	# Regulan la división celular y la diferenciación de órganos (cultivo <i>in vitro</i>). # Promueven la brotación de yemas laterales.
Etileno $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}_2$ Etileno $\text{Cl}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{P}(=\text{O})(\text{OH})_2$ Ethrel o Etefón	# Promueve la maduración de frutos. # Induce la senescencia y la abscisión de hojas, flores y frutos. # En algunas especies, promueve la formación de raíces adventicias y la germinación.
Ácido Abscísico (ABA)  Ácido Abscísico (ABA)	# Induce la dormición de semillas y yemas. # Induce el cierre estomático.

En el otoño, los días cortos o las bajas temperaturas (según la especie) causan el **cese del crecimiento**, y posteriormente se induce la dormición de las yemas. El ABA es necesario para que se establezca la dormición de las yemas, y su concentración se va reduciendo a lo largo del invierno. Durante la dormición, los meristemas son insensibles a las señales promotoras del crecimiento, como las giberelinas. Para que se produzca la ruptura de la dormición, las yemas deben experimentar una determinada cantidad de **horas de frío** que depende de cada especie. Luego de recibir las horas de frío, las yemas necesitan una determinada cantidad de horas de **temperaturas altas** (por encima de un cierto umbral, generalmente 5°C) para inducir la **brotación**.

Figura 3.8



B



Árboles creciendo en verano

Yema en reposo

Yema en crecimiento

Nota. A: Esquema de la regulación hormonal y ambiental del crecimiento periódico anual en árboles de hoja caduca. B: árboles adultos y yemas en reposo y en crecimiento de álamo temblón (*Populus tremula*). (Elaboración propia).

El crecimiento de los brotes es promovido por las giberelinas, sintetizadas luego de la salida de la dormición. Algunos árboles que no han experimentado suficientes horas de frío para la ruptura de la dormición tienen un crecimiento pobre en la primavera siguiente. Este efecto ocurre en algunas especies como los durazneros, y puede revertirse aplicando giberelinas. La necesidad de horas de frío para la ruptura de la dormición asegura que el crecimiento sólo se producirá durante la estación favorable, ya que las yemas podrían sufrir daños por las bajas temperaturas si brotaran en invierno.

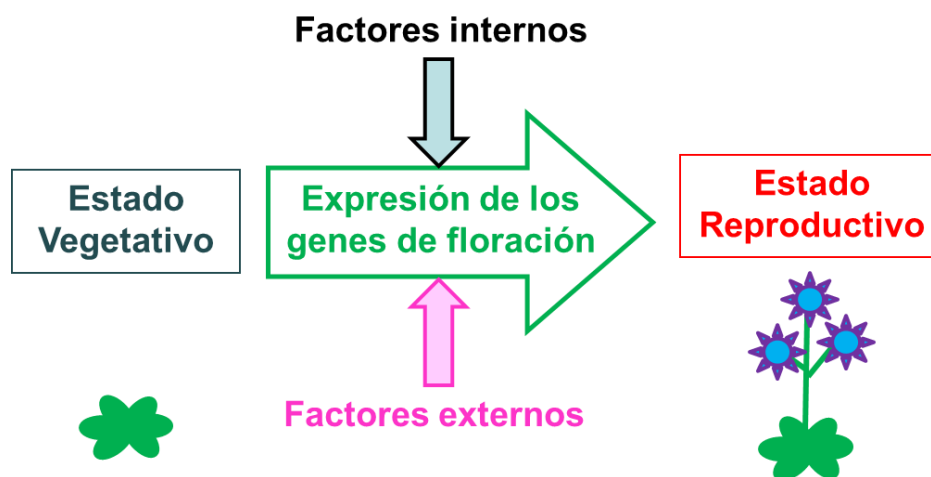
Las yemas presentes en los tubérculos y demás propágulos (ver Capítulo 2) también experimentan dormición. La posible existencia de dormición debe tenerse en cuenta en la propagación por semillas, estacas y otros órganos vegetativos con yemas.

Desarrollo reproductivo de las plantas

Cómo se definió previamente, el crecimiento implica cambios cuantitativos (tamaño), mientras que el desarrollo se refiere a los cambios de tipo cualitativo que ocurren a lo largo del ciclo de vida de la planta. El esporofito pasa por tres etapas principales a lo largo de su vida: la embriogénesis, la fase vegetativa y la fase reproductiva. La embriogénesis es el desarrollo de un embrión pluricelular a partir de la cigota. Luego de la germinación, el embrión dará origen a una plántula en fase vegetativa, en la cual los meristemas producirán órganos vegetativos (tallos, hojas y nuevas yemas). Cuando las plantas ingresan en la fase reproductiva, originan órganos reproductivos que producen gametas y, en consecuencia, pueden reproducirse sexualmente. Esta transición de fase está regulada tanto por factores internos como externos (Figura 3.9) que

promueven la expresión de los genes de la floración. Como consecuencia de la expresión de estos genes, los meristemas producen flores en vez de órganos vegetativos.

Figura 3.9



Nota. Regulación de la transición entre la fase vegetativa y reproductiva. (Elaboración propia).

Si al ocurrir esta transición todos los meristemas se vuelven reproductivos, la planta florece y muere, estas especies se denominan **monocárpicas**. Si una parte de los meristemas permanecen vegetativos de modo que el crecimiento continúe, la planta puede florecer muchas veces, y se denomina **policárpica**. Las **plantas anuales**, que completan su ciclo de vida en una única estación de crecimiento, son obligatoriamente monocárpicas. Las plantas **bianuales** o **bienales** pasan la primera estación de crecimiento en el estado vegetativo, y florecen en la segunda estación de crecimiento. Las plantas que viven más de dos estaciones de crecimiento se denominan **plurianuales**.

El factor interno fundamental en la floración es la ocurrencia de la **fase juvenil**, que es el período en el cual las plantas no pueden florecer, aunque las condiciones ambientales sean favorables. En muchas especies, hay características morfológicas específicas de la fase juvenil.

En los cítricos los tallos tienen espinas, y en algunas especies las hojas juveniles son diferentes a las hojas de la planta adulta, como el caso del eucaliptus y la hiedra. La duración de la fase juvenil varía con la especie (Tabla 3.2), y en el caso de especies de interés económico como los árboles frutales implica una demora de varios años hasta que la planta puede entrar en producción. Una manera de evitar esta demora y acelerar la transición al estado reproductivo es la práctica del **injerto**, que se explicará en el Capítulo 7.

Tabla 3.2

Especie	Duración de la etapa juvenil
Rosa híbrida	20 - 30 días
Vid	1 año
Manzana	4 - 8 años
Citrus	5 - 8 años
Hiedra	5 -10 años
Secuoya	5 – 15 años
Roble	25 - 30 años
Haya	30 – 40 años

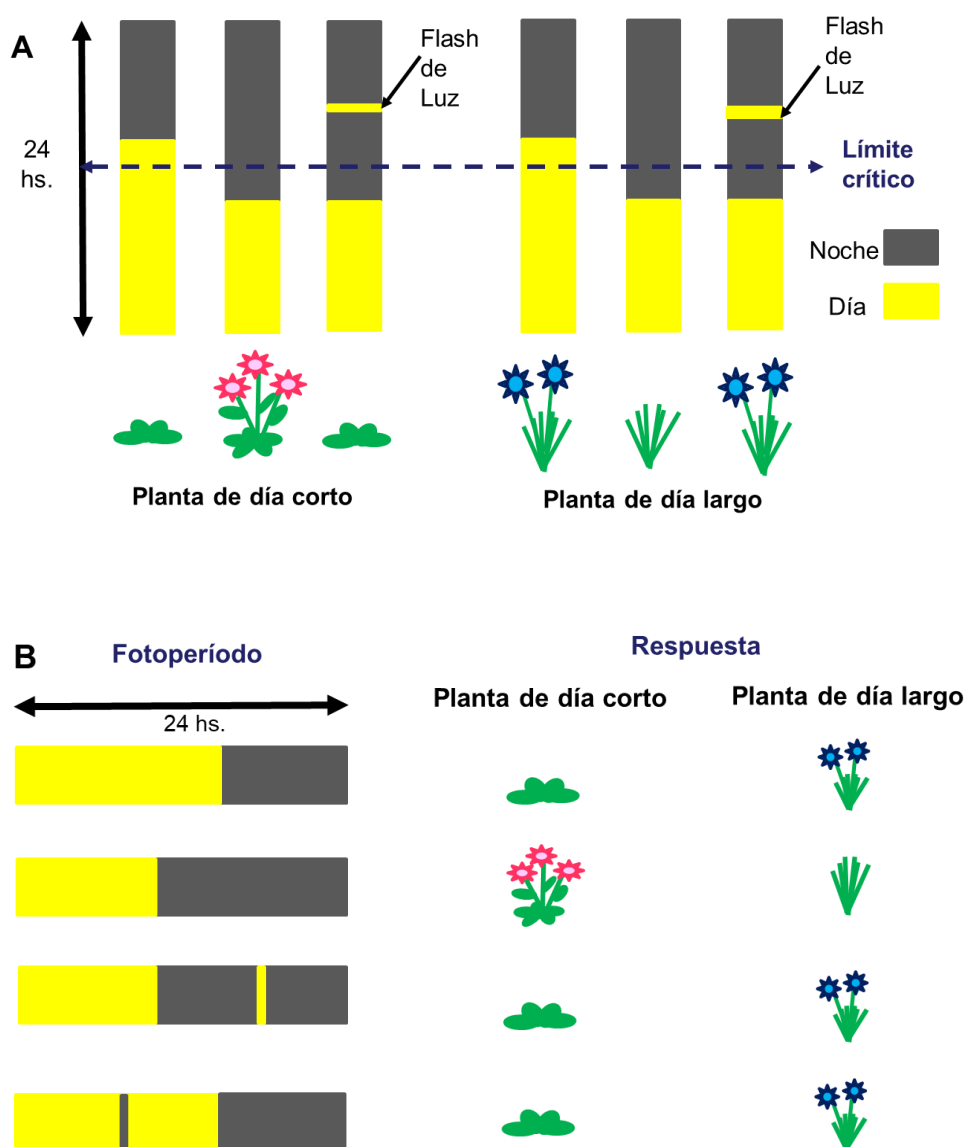
Nota. Ejemplos de la duración de la fase juvenil en distintas especies. Datos tomados de Taiz y Zeiger, Plant Physiology, Tercera Edición, 2002

Los factores ambientales que regulan la transición al estado vegetativo son el **fotoperiodismo**, que es la respuesta a la duración del día, y la respuesta a las bajas temperaturas, denominada **vernalización**.

El **fotoperíodo** es la duración relativa del día y la noche, las plantas pueden percibir estos cambios en base al **reloj biológico** que marca ciclos internos de 24 horas. El fotoperíodo varía con la época del año y con la latitud, cerca del ecuador la duración del día y la noche varía poco, mientras que cerca de los polos las variaciones anuales del fotoperíodo son mucho más marcadas. Las **plantas de día corto** (PDC) florecen si la longitud del día es **menor al límite crítico**, mientras que las **plantas de día largo** (PDL) florecen si la longitud del día es **mayor al límite crítico** (Figura 3.10 A). Las plantas **neutras** florecen con cualquier fotoperíodo. Dentro de las plantas de día largo, se encuentran la espinaca, el conejito, la remolacha y el trigo. El crisantemo, la estrella federal, el arroz y la soja florecen con días cortos, mientras que el tomate, el pepino y el poroto son indiferentes al fotoperíodo.

Para determinar si las plantas perciben la duración del día o de la noche, se llevaron a cabo experimentos interrumpiendo la noche con un flash de luz, o el día con un período de oscuridad (Figura 10B). Con días largos, las PDL florecen y las PDC permanecen vegetativas, mientras que con días cortos la respuesta es exactamente opuesta.

Figura 3.10

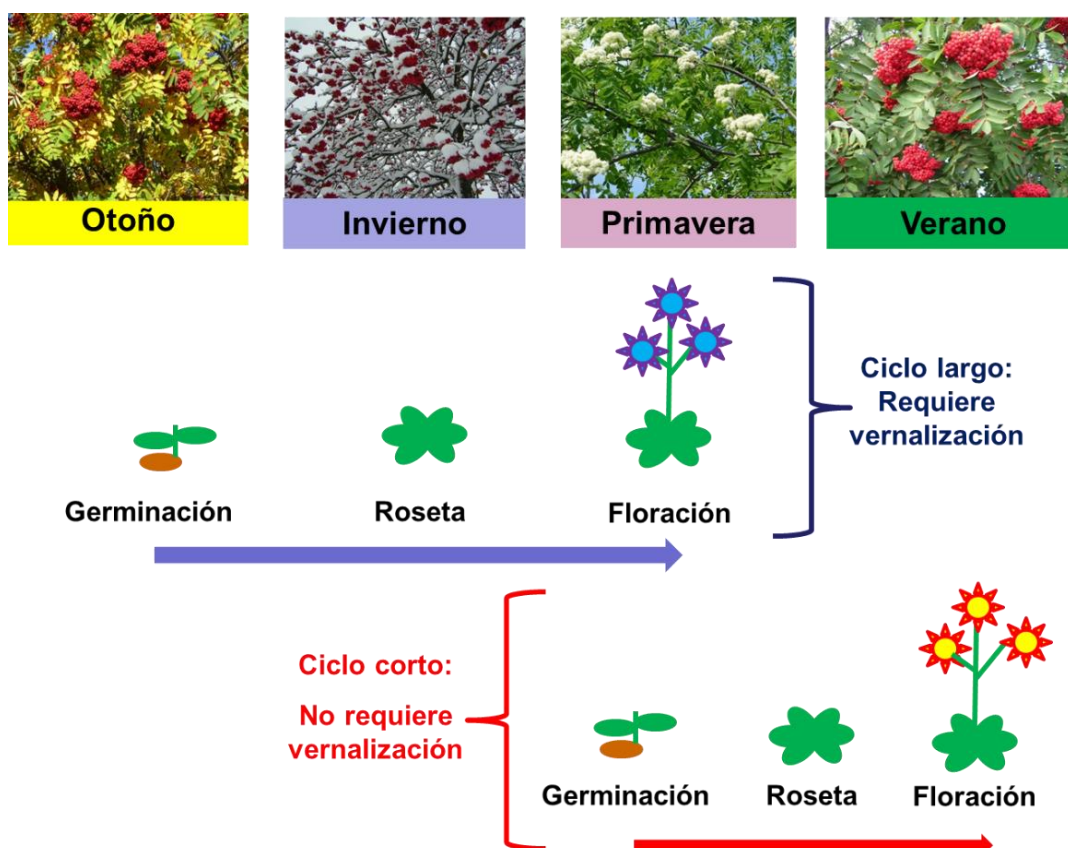


Nota. A: Regulación de la floración por el fotoperíodo en plantas de día largo y día corto. B: Experimentos que demuestran que las plantas detectan la duración de la noche. (Elaboración propia).

Si se interrumpe la noche durante el fotoperíodo corto, las PDC no florecen y las PDL si lo hacen, revirtiendo el efecto normal. Pero si se interrumpe el día largo con un período de oscuridad, la respuesta no se altera: las PDL florecen y las PDC no florecen. Si se interrumpe la noche larga en las PDC, la floración se inhibe (Figura 3.10 A). Estos resultados demuestran que las plantas perciben la duración de la noche y no la del día, por lo que sería más apropiado denominar las PDL como “plantas de noche corta” y a las PDC como “plantas de noche larga”. En plantas ornamentales cultivadas en invernáculos, la respuesta fotoperiódica se puede manipular, interrumpiendo la noche con iluminación artificial, o acortando el día cubriendo los

invernáculos de modo que no pase la luz. Estas prácticas permiten tener producción de flores durante todo el año en especies sensibles al fotoperíodo como el crisantemo y la estrella federal. El fotoperíodo no sólo regula la floración, sino también otros procesos de las plantas. Los días cortos del otoño inducen el cese del crecimiento en árboles como el álamo y el abeto, y la formación de tubérculos en la papa y la dalia.

Figura 3.11

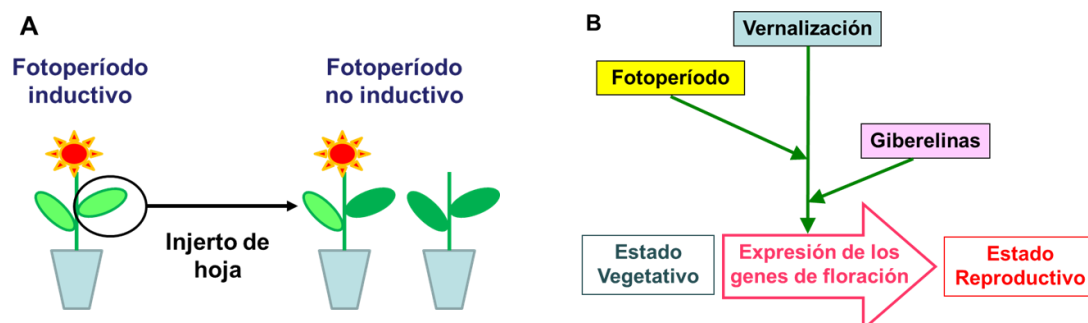


Nota. Las plantas monocárpicas que requieren vernalización tienen ciclos vitales más largos que las variedades que no requieren este proceso para florecer. (Elaboración propia).

La **Vernalización** es la promoción de la floración por bajas temperaturas (entre 0 y 10 °C) que ocurre en plantas de climas templado-fríos. Dentro de una misma especie, pueden existir variedades que requieren vernalización para florecer y otras que no, como ocurre en el trigo y otras especies que crecen como rosetas en su fase vegetativa, como los repollos. Las variedades que requieren vernalización tienen un ciclo de vida más largo, germinan en otoño, pasan el invierno en estado vegetativo, recibiendo las horas de bajas temperaturas necesarias para la vernalización, y florecen en la primavera (Figura 3.11). Las plantas que necesitan vernalización en muchos casos (aunque no obligatoriamente) también requieren días largos para florecer, lo cual asegura que florecerán en la primavera cuando las condiciones ambientales son favorables.

Las variedades que no requieren vernalización son de ciclo corto, germinan en la primavera y florecen en el verano cuando superan el límite crítico del fotoperíodo (Figura 3.11). Si una variedad que requiere vernalización germina en la primavera, pasará el verano y el otoño en estado vegetativo, floreciendo recién en la primavera del siguiente año cuando haya experimentado vernalización. Dependiendo de la fecha de siembra, esta planta podrá comportarse como anual (vive una única estación de crecimiento) o bienal (florece en la segunda estación de crecimiento). Las bajas temperaturas que vernalizan las plantas son percibidas en el **ápice caulinar**, un requisito es que las células meristemáticas deben estar activas. El fotoperíodo, en cambio, es percibido por las **hojas**, que producen una sustancia que se traslada al ápice caulinar induciendo la floración. Esto se ha demostrado con experimentos en los cuales una hoja de una planta creciendo en el fotoperíodo inductivo (que induce la floración en esa especie) se injertó en una planta de la misma especie creciendo en un fotoperíodo no inductivo (Figura 3.12 A). Las plantas con las hojas injertadas florecieron, a pesar de estar creciendo en un fotoperíodo que normalmente no induce la floración. Esta sustancia que inducía la floración se denominó “florigen”, y su identidad fue un misterio durante muchas décadas. Finalmente se identificó que el “florigen” es la proteína **Flowering Locus T** (FT), que se sintetiza en las hojas y se traslada por el floema hasta el ápice caulinar, donde promueve la expresión de genes de la floración.

Figura 3.12



Nota. A: Experimento de injerto para demostrar que el estímulo fotoperiódico es percibido en las hojas. B: Principales vías que regulan la transición de los meristemas caulinares de vegetativos a reproductivos. (Elaboración propia).

La Figura 3.12 B resume los principales factores que regulan la floración: la vernalización, el fotoperíodo y las Giberelinas. Las plantas en roseta son PDL, la aplicación exógena de Giberelinas induce la floración, aunque las plantas estén creciendo en días cortos, esto es, reemplazan al requerimiento de días largos para florecer.

En resumen, para que una planta florezca, primero tiene que superar la etapa juvenil, luego experimentar vernalización, y finalmente recibir el estímulo fotoperiódico adecuado. Si la planta no tiene requerimientos de vernalización o fotoperiodismo, sólo necesita superar la etapa juvenil

para florecer. Los requerimientos varían según las especies, algunas especies requieren los tres, otras dos, uno o inclusive ninguno.

Referencias

- Azcón-Bieto, J. & Talón, M. (2008). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. México: Mc Graw Hill-Interamericana.
- Crang, R., Lyons-Sobaski S. & Wise, R. (2018). *Plant Anatomy*. Springer Nature.
- Hartmann, Kester, Davies, Geneve (2014). *Hartmann & Kester's Plant Propagation. Principles and Practices*. Pearson Education Limited.
- Jones. R., Ougham, H., Thomas, H. & Waaland, S. (2013). *The Molecular Life of Plants*. Wiley-Blackwell.
- Singh. R.K., Bhalerao, R.P. & Eriksson, M.E. (2021). Growing in time: exploring the molecular mechanisms of tree growth. *Tree Physiology* 41: 657-678. Disponible on-line: [doi: 10.1093/treephys/tpaa065](https://doi.org/10.1093/treephys/tpaa065)
- Raven, P.R., Evert, R.F., Eichhorn, S.E. (2005). *Biology of Plants*. New York: WH Freeman and Co.
- Taiz L., Zeiger E., Möller I.M. & Murphy A. (2015). *Plant Physiology and Development*. Sunderland: Sinauer Associates, Inc.

Los autores

Coordinadores

Gergoff Grozeff, Gustavo Esteban

Ingeniero Agrónomo. Ingeniero Forestal. Doctor en Ciencias Naturales (FCNyM - UNLP). Investigador Adjunto CONICET (INFIVE CCT CONICET La Plata). Investigador Categoría III (INFIVE CCT CONICET La Plata). Docente de las Cátedras de Fruticultura (JTP) y Fisiología Vegetal (JTP) (FCAyF - UNLP). Temas de investigación: Fisiología de frutos y tecnología en frutales. Director de Proyectos de Investigación (UNLP y CONICET). Responsable del Taller de Extensión “Capacitación en Técnicas de Propagación Vegetal” FCAyF-UNLP

Ruscitti, Marcela Fabiana

Ingeniera Forestal. Doctora de la Facultad de Ciencias Exactas, Área Ciencias Biológicas (FCE - UNLP). Profesora Adjunta Cátedra de Fisiología Vegetal (DCByE - UNNOBA). Jefa de Trabajos Prácticos Cátedra de Fisiología Vegetal (FCAyF - UNLP). Investigador Categoría II (INFIVE CCT CONICET La Plata). Tema de Investigación: Fisiología del estrés biótico y abiótico en cultivos hortícolas. Uso de bioinsumos y biotécnicas como alternativa sustentable de producción en situación de estrés. Docente del Taller de Extensión “Capacitación en Técnicas de Propagación Vegetal” FCAyF-UNLP.

Gimenez, Daniel Oscar

Ingeniero Agrónomo, docente en la Cátedra de Fisiología Vegetal desde 1973 Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Profesor de Fisiología Vegetal en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (1979-1996) y Profesor Adjunto de Fisiología Vegetal (FCAyF UNLP) (desde 1991). Profesor de posgrado en las Facultades de Ciencias Exactas (Maestría en Plantas Medicinales) y en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (Maestría en Protección Vegetal), de la UNLP. Profesor Titular de Fisiología Vegetal Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires desde 2006. Profesor en cursos de Extensión “Como hacer crecer las plantas sin suelo” y “Propagación Vegetal” y Curso optativo para alumnos “Cultivo en hidroponía” FCAyF, UNLP. Director del Departamento de Ciencias Biológicas FCAyF, UNLP desde 2002.

Autores

Tambussi, Eduardo Alberto

Licenciado en Biología (Orientación Ecología) (FCNyM - UNLP). Doctor en Biología. (Universidad de Barcelona, España). Docente de la Cátedra de Fisiología Vegetal (JTP) (FCAyF - UNLP). Investigador Independiente de CONICET (INFIVE CCT CONICET La Plata). Investigación en el área de Ecofisiología de Cultivos. Docente del Taller de Extensión "Capacitación en Técnicas de Propagación Vegetal" FCAyF-UNLP.

Carbone, Alejandra Victoria

Licenciada en Biología. Especialista en Docencia Universitaria. UNLP. Magister Scientiae en Protección Vegetal (FCAyF - UNLP). Profesora Adjunta de la Cátedra de Morfología Vegetal y Jefa de Trabajos Prácticos Cátedra de Fisiología Vegetal (FCAyF - UNLP). Docente Investigador Categoría III. Co-directora del Proyecto de Investigación y Desarrollo vinculado al Relevamiento florístico y edáfico de los establecimientos productivos pertenecientes a la UNLP y administrados por la FCAyF, en el partido de Magdalena. Participante en el Proyecto de Investigación y Desarrollo de Ecofisiología de los cultivos protegidos intensivos y a campo. Docente en los cursos optativos de grado y de extensión "Cultivo en Hidroponía" y "Actualización en Técnicas en Propagación Vegetativa" que se dictan en la FCAyF. Docente del Taller de Extensión "Capacitación en Técnicas de Propagación Vegetal" FCAyF-UNLP

Luquez, Virginia Martha Cristina

Licenciada en Biología (FCNyM - UNLP). Doctora en Ciencias Naturales (FCNyM - UNLP). Investigadora Independiente de CONICET (INFIVE CCT CONICET La Plata). Jefa de Trabajos Prácticos de la Cátedra de Fisiología Vegetal (FCAyF - UNLP). Campo de investigación: Respuestas de las Salicáceas a distintos estreses. Uso de Salicáceas para producir biomasa para energía. Lugar de trabajo: Instituto de Fisiología Vegetal (INFIVE) CONICET-UNLP. Docente del Taller de Extensión "Capacitación en Técnicas de Propagación Vegetal" FCAyF-UNLP.

Romero, María de los Ángeles

Ingeniera Agrónoma. Jefa de Trabajos Prácticos de Fruticultura (FCAyF - UNLP). Asesora en producción de frutas orgánicas. Establecimiento "Don Elías" San Pedro. Asesora en la producción de ciruelos en Abasto, La Plata y en la organización y producción del Vivero Kirken, Oliden, La Plata. Participación en Proyectos de investigación sobre propagación e injertación de portainjertos. Extensión: co-dirección en proyectos productivos de viñedos y ciruelos, en la actualidad coordinadora en la incorporación de la fruta en la dieta diaria (UNLP).

Moreno Kiernan, Alejandro Ricardo

Ingeniero Agrónomo (FCAyF-UNLP). Especialista en Docencia Universitaria (UNLP). JTP de Zoología Agrícola (carrera Ingeniería Agronómica) y de Introducción a la Zoología Aplicada (carrera Ingeniería Forestal-UNLP). Ayudante del curso de Terapéutica Vegetal (carrera Ingeniería Agronómica - FCAyF-UNLP). Responsable del Curso Componente de Agrobiodiversidad (Tecnatura universitaria en agroecología). Investigación sobre la temática de insectos plaga y sus enemigos naturales en cultivos extensivos e intensivos: estrategias de manejo compatibles con el control biológico. (FCAyF-UNLP). Curso de Extensión: Lombricultura y compostaje; cultivo de hidroponía y Capacitación en Técnicas de Propagación Vegetal (FCAyF-UNLP). Talleres extensión en escuelas de nivel medio: La genética se mete con la agricultura (FCAyF-UNLP).

Ricci, Elisabet Mónica

Ingeniera Agrónoma. Doctora en Ciencias Agrarias y Forestales (FCAyF - UNLP). Vicedecana de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales – UNLP. Profesora Titular de Zoología Agrícola - Introducción a la Zoología Aplicada (CISaV - FCAyF -UNLP). Docente responsable del Curso Componentes de la Agrobiodiversidad. Tecnatura Universitaria en Agroecología (FCAyF - UNLP). Profesora Adjunta de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (Universidad Nacional Arturo Jauretche). Directora/Codirectora de proyectos de investigación y extensión en Manejo Integrado de Plagas en la FCAyF UNLP.

Mónaco, Cecilia Inés

Doctora en Ciencias Naturales (Ecología) (FCNyM - UNLP). Profesora Adjunta de Fitopatología. (FCAyF - UNLP). Directora del Proyecto de Incentivos a la Investigación 11/A334
Directora del Proyecto de Extensión "Argentina contra el hambre". Docente del Taller de Extensión "Capacitación en Técnicas de Propagación Vegetal" FCAyF-UNLP.

Aprea, Alberto Miguel

Ingeniero Agrónomo (FCAyF – UNLP). Profesor Adjunto Curso de Protección Forestal (FCAyF UNLP). Miembro de Departamento de Ambiente y Recursos Naturales (FCAyF - UNLP). Integrante Comité Organizador de Congresos y Encuentros relacionados con la Sanidad Vegetal. Jurado de Concursos Docentes. Evaluador de Trabajos Finales de Carrera (FCAyF UNLP), Director de Pasantías. Ha publicado trabajos en revistas, congresos y jornadas de Fitopatología y Ciencias de la Educación. Coordinador de libro de cátedra: Problemáticas Sanitarias del Arbolado (EDULP) Participante de proyectos de investigación y extensión vinculados con la sanidad vegetal

Gamboa, Blanca Susana

Ingeniera Agrónoma. Profesora Adjunta del Curso de Horticultura y Floricultura (FCAyF - UNLP). Participante del Proyecto RUC-APS (*“Enhancing and implementing Knowledge based ITC solutions within high Risk and Uncertain Conditions for Agriculture Production System”*) financiado por la Union Europea. Línea de trabajo (WP14): Buenas Prácticas para la producción hortícola en zonas periurbanas. Profesional de consulta en temáticas Hortícolas y Florícolas. Directora Técnica del Vivero Di Carlo e Hijos S.A. (La Plata, Argentina). Docente del Taller de Extensión “Capacitación en Técnicas de Propagación Vegetal” FCAyF-UNLP

Fernández Acevedo, Victoria

Ingeniera Agrónoma. Ayudante Adscripta del Curso de Horticultura y Floricultura (FCAyF - UNLP). Becaria Doctoral de CONICET (CEPAVE - CCT CONICET La Plata) en el Área de Ecotoxicología. Tema de Investigación: Citotoxicidad y Genotoxicidad de plaguicidas en el depredador generalista *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae).

Gauna, Juan Marcelo

Ingeniero Forestal. Becario doctoral CONICET. Lugar de trabajo: INFIVE CCT CONICET La Plata. Ayudante alumno de la Cátedra de Fisiología Vegetal (FCAyF UNLP) desde 2017. Tema de Investigación: Ecofisiología y domesticación de especies nativas proveedoras de productos forestales no madereros. Docente del Taller de Extensión “Capacitación en Técnicas de Propagación Vegetal” FCAyF - UNLP.

Balirán, Valentina

Ingeniera Forestal. Ayudante alumno de la Cátedra de Fisiología Vegetal (FCAyF UNLP) desde 2017. Docente del Taller de Extensión “Capacitación en Técnicas de Propagación Vegetal” FCAyF - UNLP.

Morelli, Gabriela Andrea

Ingeniera Agrónoma. Especialista en docencia universitaria (UNLP). Profesora Adjunta de Fruticultura (FCAyF - UNLP). Profesora Adjunta de Sistemas de producción Frutícola. Licenciatura en Cultivos Intensivos (UNAJ). Proyecto de investigación: Ecofisiología de frutales. Proyecto de extensión: vivero, propagación, injertos. Fruticultura agroecológica. UNLP.

Gergoff Grozeff, Gustavo Esteban

Introducción a la propagación vegetal: de la fisiología a la práctica integrada / Gustavo Esteban Gergoff Grozeff ; Marcela Fabiana Ruscitti ; Daniel Oscar Gimenez ; coordinación general de Gustavo Esteban Gergoff Grozeff ; Marcela Fabiana Ruscitti ; Daniel Oscar Gimenez. - 1a ed. - La Plata : Universidad Nacional de La Plata ; EDULP, 2023.
Libro digital, PDF - (Libros de cátedra)

Archivo Digital: descarga
ISBN 978-950-34-2342-4

1. Reproducción. 2. Cultivos. 3. Plagas. I. Ruscitti, Marcela Fabiana. II. Gimenez, Daniel Oscar. III. Título.
CDD 580.7

Diseño de tapa: Dirección de Comunicación Visual de la UNLP

Universidad Nacional de La Plata – Editorial de la Universidad de La Plata
48 N.º 551-599 / La Plata B1900AMX / Buenos Aires, Argentina
+54 221 644 7150
edulp.editorial@gmail.com
www.editorial.unlp.edu.ar

Edulp integra la Red de Editoriales Universitarias Nacionales (REUN)

Primera edición, 2023
ISBN 978-950-34-2342-4
© 2023 - Edulp

n
naturales


EDITORIAL DE LA UNLP



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA