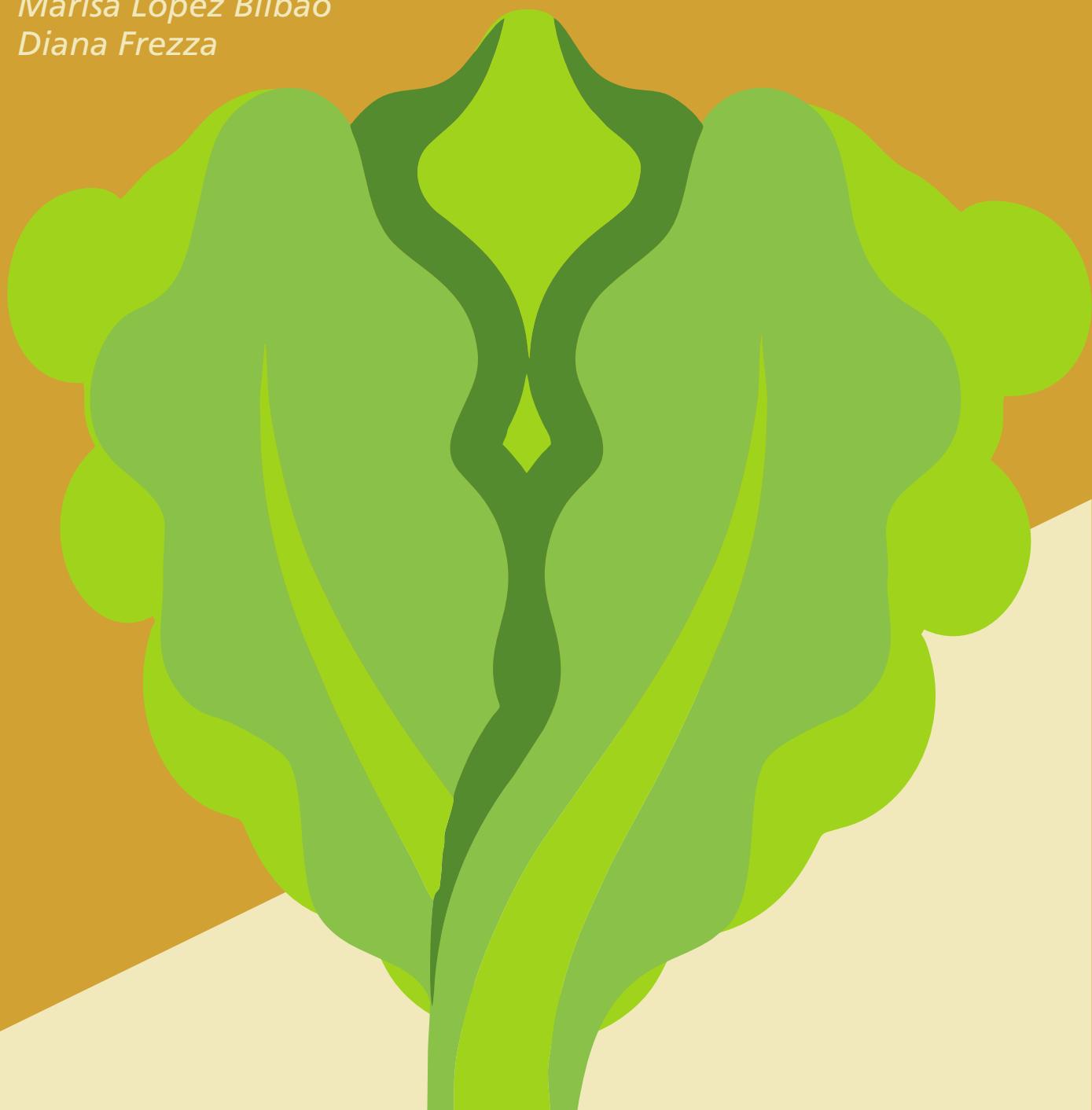


Lechuga

Compiladoras

Marisa Lopez Bilbao

Diana Frezza



INTA Ediciones

Colección
EDUCACIÓN SUPERIOR

Lechuga

Compiladoras

Marisa Lopez Bilbao

Diana Frezza

Instituto Nacional de
Tecnología Agropecuaria



Secretaría de Agricultura,
Ganadería y Pesca



Ministerio de Economía
Argentina

Ediciones INTA. Buenos Aires, 2022.

Lechuga
Marisa Lopez Bilbao
Diana Frezza

1ra. Edición

Ediciones INTA

Septiembre de 2022

ISBN 978-987-679-346-9

635.52 Lechuga / compiladoras Marisa López Bilbao, Diana Frezza. –
L49 Buenos Aires : Ediciones INTA, 2022.
83 p. : il. (PDF)

ISBN 978-987-679-346-9 (digital)

i.López Bilbao, Marisa. ii. Frezza, Diana

LECHUGAS – MANEJO DEL CULTIVO – ECOFISIOLOGIA – ENFERMEDADES
DE LAS PLANTAS – PLAGAS DE PLANTAS – MALEZAS –
FITOMEJORAMIENTO – COMERCIALIZACION

DD-INTA

Este documento es resultado del financiamiento otorgado por el Estado Nacional, por lo tanto, queda sujeto al cumplimiento de la Ley N° 26.899.

Diseño:
Área de Comunicación Visual
Gerencia de Comunicación e Imagen Institucional

*Este libro
cuenta con licencia:*



Marisa Lopez Bilbao es Lic. en Cs. Biológicas (FCEyN, UBA) con orientación en Biotecnología y Dra. en Cs. Biológicas (UCM, España). Especializada en Biotecnología Vegetal trabajó con diversas especies de interés agronómico (caña de azúcar, trigo, centeno, tabaco, girasol y lechuga) utilizando técnicas de cultivo *in vitro*, transformación genética y recientemente edición génica. Coordinó las actividades en la cadena de lechuga del INTA de 2010 al 2018. Desarrolla su tarea de investigación en el Instituto de Biotecnología (CICVyA, INTA) donde dirige su grupo de trabajo en Biotecnología en Asteráceas (girasol y lechuga), coordina el Sector Cultivo de Tejidos Vegetales y las actividades reguladas de los Invernáculos de Bioseguridad. Además, es presidente de REDBIO Argentina AC desde abril 2015 (3 períodos consecutivos) y está involucrada activamente en la difusión y comunicación de la ciencia, participando en la organización de simposios, talleres y workshops.

Diana Frezza es ingeniera agrónoma con orientación en producción agropecuaria de la Facultad de Agronomía de la Universidad Buenos Aires (FA-UBA). Posee el título de *Magíster Scientiae* en Horticultura (UNCuyo), Especializada en sistemas de producción (Cultivos protegidos y sin suelo, Universidad de Almería, España) y poscosecha de especies hortícolas. Es profesora asociada a cargo de la Cátedra de Horticultura (FA-UBA) y fue docente en la maestría de Producción Vegetal de la Escuela para Graduados FA-UBA (convenio con la Universidad Ben Gurion, Israel). Docente invitada para el dictado de dos cursos en la Maestría de Horticultura y actualmente para el curso Fertiliriego de la maestría en Riego y Drenaje, ambos posgrados de la UNCuyo. Ha dirigido y participado de numerosos proyectos de investigación, así como también dirigido recursos humanos de grado y posgrado. Posee numerosas publicaciones con referato, libro, capítulos de libro y presentaciones en congresos de la especialidad, nacionales e internacionales. Es evaluadora de trabajos científico de diversas publicaciones tanto nacionales como internacionales. Fue presidente de la Asociación Argentina de Horticultura (ASAHO) y participa como miembro activo de los eventos que organiza la Asociación. ●

AUTORES (por orden alfabético)

ADLERCREUTZ, ENRIQUE	AER Mar del Plata, INTA
AVICO, EDA L.	EEA Colonia Benítez, INTA
BALCAZZA, LUIS F.	Fac. Cs. Agrarias, UNAJ
CARASSAY, LUCIANO R.	Fac. Agronomía y Fac. Cs. Ex. y Naturales, UNLPam
DARQUI, FLAVIA S.	Instituto Biotecnología, CICVyA, CNIA, INTA
DE PASCUALE BOVI, JUAN A.	EEA Bariloche, INTA
DIAZ, BEATRIZ M.	EEA Concordia, INTA
FERNÁNDEZ LOZANO, JOSÉ	Horticultura, Fac. Agronomía, UBA
FREZZA, DIANA	Horticultura, Fac. Agronomía, UBA
FUNES, CLAUDIA F.	EEA Famaillá, INTA
GATTI, MARIANO A.	AER Monte Vera, INTA
GRASSO, RODOLFO	Horticultura, Fac. Cs. Agrarias, UNR
KIRSCHBAUM, DANIEL S.	EEA Famaillá, INTA
LANZA VOLPE, MELISA	EEA La Consulta, INTA
LOPEZ BILBAO, MARISA	Instituto Biotecnología, CICVyA, CNIA, INTA
MONDINO, MARÍA CRISTINA	AER Arroyo Seco, INTA / Horticult, Fac. Cs. Agrarias, UNR
RADONIC, LAURA M.	Instituto Biotecnología, CICVyA, CNIA, INTA
RAMPULLA, MIGUEL	EEA Salta, INTA
RUDELLI, MARCELA M.	EEA Valles Calchaquíes, INTA
SANCHEZ, EMILIANA	EEA AMBA, INTA / Horticultura, Fac. Agronomía, UBA
SHINDOI, MAURO	EEA Colonia Benítez, INTA
STRASSERA, MARÍA EUGENIA	EEA AMBA, INTA
VIGLIANCHINO, LILIANA	EEA Balcarce, INTA



La **Asociación Argentina de Horticultura (ASAHO)**, principal institución responsable de la promoción del conocimiento de las hortalizas se ha propuesto elaborar una serie de fascículos bajo la denominación Colección Horticultura Argentina, destinados a la enseñanza de la especialidad en el país. A esta iniciativa se sumó el **Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)**, que, a través de un convenio específico con la ASAHO, hace posible la edición de esta colección.

La misma está compuesta por fascículos de **Horticultura General** y **Horticultura Especial**. Estos se proponen como base para el estudio de cada tema, y tienen como autores y responsables de edición a los principales profesionales de organismos públicos y empresas privadas o mixtas, con gran experiencia en la materia. Ellos han donado sus derechos de autor para contribuir con los estudiantes y técnicos en el desarrollo de la actividad.

ASAHO e INTA desean que estos fascículos formen parte de la biblioteca de consulta de todos aquellos que abracen esta disciplina.

En este fascículo se refleja la importancia, así como la versatilidad del cultivo de lechuga. Especie consumida en casi todo el mundo, que suele ser de fundamental importancia para los productores familiares y que, además, debido a su plasticidad, también incorpora los últimos avances biotecnológicos para su mejoramiento. ●

Ing. Agr. Roberto Rodríguez
Coord. Editorial ASAHO

Ing. Agr. Carlos Parera
Coord. Editorial INTA



Capítulo 1.....

10

Generalidades

Diana Frezza, Marisa Lopez Bilbao

- 1.1. Taxonomía
 - Familia Asteraceae
 - Lactuca sativa L.*
- 1.2. Importancia económica del cultivo
 - Producción y comercialización en el mundo
 - Producción y comercialización en Argentina
- 1.3. Calidad nutricional

Capítulo 2.....

14

Anatomía y morfología

Luciano R. Carassay

1. Sistema radical
2. Hojas
3. Tallo
4. Flores y floración
5. Fruto

Capítulo 3.....

17

Ecofisiología de cultivo

Luciano R. Carassay

- 3.1 El ciclo de la planta
- 2.1 Fases de crecimiento y desarrollo
 - Fase de germinación y emergencia
 - Fase vegetativa
 - Fase reproductiva o de emisión del tallo floral
- 3.3. Estudios basados en la fenología del cultivo
 - Tiempo térmico
- 3.4. Bases ecofisiológicas implicadas en el crecimiento y el desarrollo del cultivo
 - Luz
 - Temperatura
 - Humedad
 - Requerimientos de suelo

Capítulo 4.....

29

Orientaciones para el manejo del cultivo

María Cristina Mondino, Rodolfo Grasso, Diana Frezza

- 4.1. Elección de variedades (cultivares)
- 4.2. Sistemas de producción
 - Selección del terreno y preparación del suelo

- Sistematización
- Sistema de producción a campo
- 4.3. Sistema de producción protegidos (forzados o semiforzados)
 - Acolchado de suelo o mulching
 - Mantas flotantes, agrotextiles o telas no tejidas
 - Sombreaderos o medias sombras
 - Túneles bajos
 - Túneles altos
 - Invernaderos
- 4.4. Cultivo sin suelo (hidropónico puro)
- 4.5. Iniciación del cultivo
 - Implantación

Capítulo 5.....

39

Labores culturales

Luis Balcaza, Diana Frezza y Rodolfo Grasso

- Raleo
- Manejo del riego
- Manejo de la nutrición
- Extracción de nutrientes
- Ritmo de absorción de nutrientes en cultivo de lechuga
- Nitrógeno
- Fósforo
- Potasio
- Calcio
- Magnesio
- Manejo de la fertilización
- Riego

Capítulo 6.....

46

Enfermedades, plagas y malezas

Maria Eugenia Strassera, Rodolfo Grasso y Marisa Lopez Bilbao

- 6.1 Plagas
 - Mosca blanca (*Trialeurodes vaporiarorum*)
 - Pulgón de la lechuga (*Hiperomyzus lactucae*)
 - Trips: (*Frankliniella occidentalis*)
- 6.2. Patógenos
 - Hongos
 - Bacterias
 - Virus
- 6.3. Problemas fisiogénicos
- 6.4. Malezas

Capítulo 7 Manejo de la cosecha Manejo poscosecha-almacenamiento <i>Diana Frezza</i>	53
Capítulo 8 Tipificación, empaque, comercialización <i>José Fernández Lozano</i>	56
8.1. Envases 8.2. Normas de Calidad e Inocuidad Alimentaria 8.3. Transporte 8.4. Canales comerciales 8.5. Precios mayoristas y oferta estacional	
Capítulo 9 Mejoramiento, genética y biotecnología <i>Laura M. Radonic, Flavia S. Darqui y Marisa Lopez Bilbao</i>	63
9.1. Cruzamientos 9.2. Nuevas técnicas de mejoramiento Mutagénesis Selección asistida por marcadores Transgénesis Edición génica 9.3. Cultivo de tejidos, transformación genética y edición génica en lechuga	
Capítulo 10 Fichas técnicas regionales Mar del Plata. <i>Enrique Adlercreutz y Liliana Viglianchino</i> Cinturón verde Santa Fe. <i>Mariano Gatti</i> Mendoza. <i>Melisa Lanza Volpe</i> Quebrada de Humahuaca-Jujuy. <i>Juan Alberto De Pascuale Bovi</i> Cinturón hortícola Gran Resistencia-Chaco. <i>Eda L. Avico y Mauro Shindoi</i> Entre Ríos. <i>Beatriz M. Diaz</i> Valle de Lerma- Salta. <i>Miguel Rampulla</i> Tucumán. <i>Daniel S. Kirschbaum, Marcela M. Rudelli y Claudia F. Funes</i> Cinturón hortícola platense. <i>Emiliana Sanchez</i>	69
Bibliografía	81

Capítulo 9

Mejoramiento, genética y biotecnología

Laura M. Radonic, Flavia S. Darqui y Marisa Lopez Bilbao

La humanidad ha modificado y seleccionado las propiedades de las especies cultivadas desde el comienzo de la agricultura. Así, las plantas que hoy se cultivan son diferentes a sus antepasados silvestres, ya que han sido modificadas y seleccionadas por sus propiedades a lo largo de diez mil años en función de las necesidades de los agricultores. Esta mejora o mejoramiento de los cultivos se basa en el cruzamiento entre individuos de la misma especie pero que muestran características diferentes, y una posterior selección de los ejemplares de la descendencia que presentan las características deseadas. El cruzamiento seguido de la selección artificial se repite sucesivamente hasta lograr la variedad final con la incorporación de los genes que llevan información para los rasgos deseados.

Cuando dentro de la especie para mejorar no existe el gen que le confiera el carácter de interés, en algunas ocasiones es posible realizar cruzamientos interespecíficos que permitan incorporar un gen de otra especie emparentada silvestre.

Este proceso de generación de nuevas variedades por cruzamiento ha originado a todas las variedades que se cultivan hoy en día.

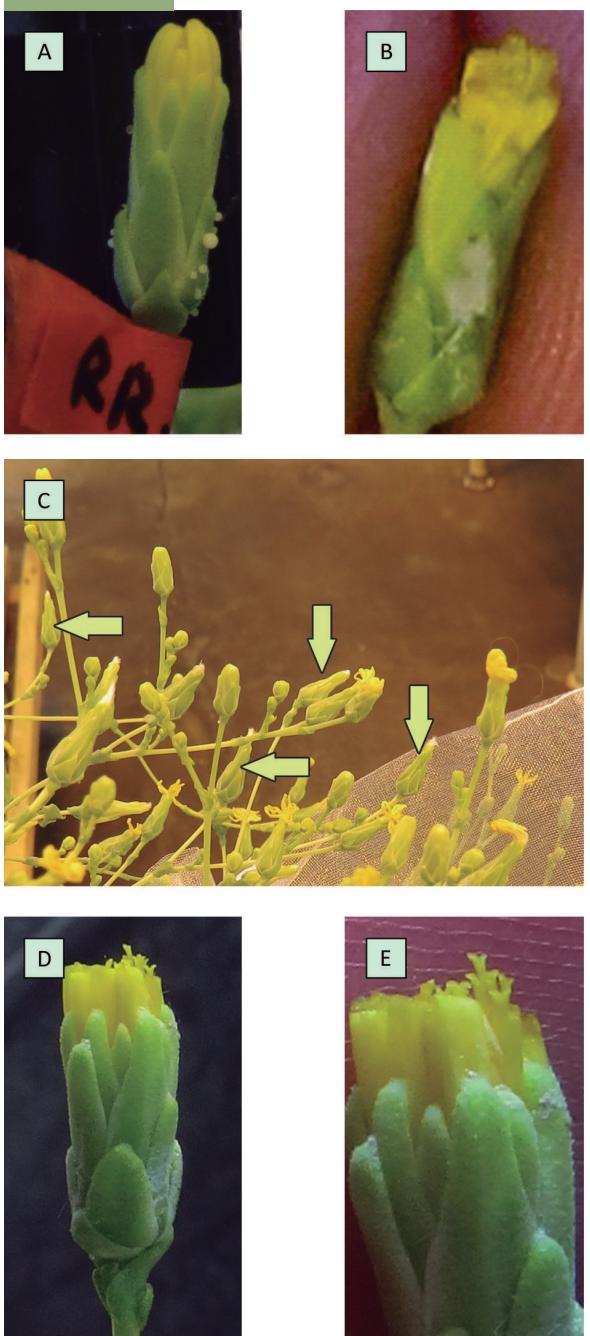
9.1. Cruzamientos

La lechuga, como ya se describió anteriormente, es una especie autógama estricta. Razón por la cual, la única forma de realizar cruzamientos dentro de un programa de mejoramiento es realizar la emasculación de las flores.

El procedimiento más aceptado se muestra en la Figura 9.1 y se describe a continuación: luego del amanecer, entre 30 y 60 minutos, se seleccionan las flores que serán polinizadas, se marcan para poder ser identificadas (A) y se procede al corte completo de la corola. (B). Si la flor ya presenta una forma de un cono, estas deben ser descartadas porque ya se produjo la polinización. (C). Media hora después del corte comienzan aemerger los estigmas. (D). Aproximadamente a las dos horas de la emasculación,

cuando los estigmas se observan claramente, deben ser lavados repetidamente con un spray de gotas muy finas de agua para eliminar todo rastro de polen. Una hora después del lavado, cuando los estigmas presentan la forma de una "V" con las puntas dobladas hacia abajo (\mathcal{V} se procede a la polinización. (E). Se realiza frotando suavemente con los dedos la flor donadora, sobre el estigma de forma que el polen caiga sobre este. Por último, cada capítulo polinizado debe ser embolsado en forma individual y a su vez cada semilla obtenida se germinará e identificará individualmente, al igual que la planta obtenida, que se analizará para observar si tiene las características buscadas.

Figura 9.1



Detalles del capítulo antes y luego del corte que se describen en el texto.
Fotografías: M. Lopez Bilbao (obtenidas en el Invernáculo del Instituto de Biotecnología, INTA).

Sin embargo, el mejoramiento vegetal tradicional presenta dos desventajas: consumen mucho tiempo y quedan incorporados al genoma de la especie mejorada otros genes de poco o ningún interés agronómico, de la especie donante.

9.2 Nuevas técnicas de mejoramiento

Mutagénesis

A fines de la década de 1920, surgió una nueva manera de generar variabilidad y obtener plantas mejoradas: la exposición de las plantas a agentes mutágenos físicos o químicos que causan mutaciones al azar a nivel del ADN. Así se obtuvo, por ejemplo, el pomelo rosado a partir del pomelo blanco mutagenizado por radiación. Hoy en día existen más de 1.000 cultivos que fueron mejorados por esta técnica y que se consumen en todo el mundo, según la FAO (Food and Agriculture Organization).

Selección asistida por marcadores

La primera es la utilización de marcadores moleculares que aportan información a los ingenieros agrónomos para realizar el mejoramiento y se denomina Selección Asistida por Marcadores o "Marker Assisted Selection" (MAS). Aquí se realiza el mismo procedimiento de cruzamiento tradicional, pero con estas herramientas se puede realizar una selección temprana de los genotipos, lo que permite reducir el tamaño de la población de selección o incluso sin la necesidad de montar ensayos biológicos. La ventaja de MAS sobre la selección fenotípica radica en que no se selecciona el carácter en particular, sino un marcador molecular ligado a ese carácter.

En el caso de la lechuga se han desarrollado diversos marcadores moleculares y existe una amplia bibliografía así como herramientas genómicas disponibles en el portal Lettuce Genome Resource (<http://lgr.genomecenter.ucdavis.edu/>). Actualmente, está también disponible en este sitio el genoma de la lechuga, ya que se logró la secuenciación completa. Este importante avance se logró a través del financiamiento del Consorcio que se estableció entre un importante número de empresas semilleras (*Lettuce Genome Sequencing Consortium*).

Transgénesis

Esta metodología ofrece dos ventajas fundamentales sobre el mejoramiento tradicional: permite incorporar genes provenientes de cualquier especie vegetal, microorganismo o animal, así como introducir un único gen nuevo preservando el resto de los genes de la planta original en su descendencia. Por lo tanto, se pueden modificar propiedades de las plantas de manera amplia y precisa.

Se denomina planta transgénica a aquella que posee uno o varios genes introducidos por técnicas de transformación genética. Los dos métodos más utilizados son la

transformación mediada por la bacteria *Agrobacterium tumefaciens* o la técnica de biolística, y en todos los casos debe utilizarse también las técnicas de cultivo de tejidos vegetales. Lo que se introduce en la célula vegetal es una secuencia que lleva el gen de selección y el o los genes de interés agronómico. Esta secuencia se integra por recombinación homóloga al genoma vegetal y pasa a ser parte de este.

A nivel mundial, el primer OVGM (organismo vegetal genéticamente modificado) fue comercializado en 1996. La superficie sembrada con estos cultivos se incrementó más de cien veces en dos décadas; por lo que se puede decir que esta tecnología tuvo la adopción más rápida en toda la historia de agricultura. Fundamentalmente los cultivos obtenidos por esta tecnología son soja (51 %), maíz (30 %), algodón (13 %) y canola (5 %), aunque también hay otros cultivos (1 %) como berenjena, papaya, alfalfa, etc. Las primeras características introducidas fueron fundamentalmente resistencia a herbicidas (53 %), insectos (14 %) o ambos rasgos apilados (33 %).

Argentina fue pionera no solo en la adopción, sino también en la regulación y el desarrollo de cultivos transgénicos. Hace 20 años que se mantiene entre los primeros tres puestos en el ranking de los países con mayor superficie cultivada del mundo, luego de EUA y Brasil. En marzo 2018, los eventos aprobados en nuestro país por la Comisión Nacional de Biotecnología (CONABIA) para su siembra, consumo y comercialización fueron 46 y corresponden a 13 eventos de soja, 27 de maíz, 4 de algodón, 1 de cártamo y 1 de papa. En el año 2015 se aprobó una soja transgénica con tolerancia a sequía y una papa transgénica con resistencia al virus PVY; estos eventos son de gran importancia ya que fueron dos desarrollos realizados íntegramente en Argentina. El cártamo, aprobado en 2017, fue modificado para expresar pro-quimosina bovina en semillas y utilizar esta molécula en la fabricación de quesos.

Edición génica

En la última década surgió una nueva forma de obtener plantas con su genoma modificado directamente y se debió al descubrimiento de enzimas nucleasas programables "a medida" capaces de realizar cortes sitio dirigido en la secuencia de ADN. En esta "edición" los cortes específicos en la doble cadena de ADN son inmediatamente corregidos por los mecanismos celulares endógenos de reparación. Estas reparaciones pueden ocasionar inserciones o delecciones de bases (InDels), provocando el knock-out (apagado) funcional de un gen, o pueden modificar las secuencias para substituir puntualmente un aminoácido o incluso pueden integrar genes en un locus predeterminado. Desde 2013 CRISPR/Cas9 es la principal herramienta para la edición génica debido a la simplicidad de uso, su versatilidad y un costo relativamente accesible.

Acompañando esta promisoria tecnología, Argentina emitió la primera normativa a nivel mundial sobre edición génica (Resolución N.º 173/2015 MINAGRO), donde se expresa que los eventos obtenidos por edición génica serán evaluados caso por caso y no por su proceso de obtención. Así, aquellos productos que contengan mutaciones puntuales o pequeñas inserciones/delecciones se regularán como uno obtenido por mu-

tagénesis o mejoramiento convencional, mientras aquellos que además lleven parte de la maquinaria de edición serán regulados como OVGM.

9.3 Cultivo de tejidos, transformación genética y edición génica en lechuga

La primera publicación de regeneración *in vitro* de explantos de lechuga data de 1967. Los explantos de lechuga han demostrado una buena respuesta al cultivo de tejidos en un amplio rango de medios y se ha logrado la regeneración de brotes en varios genotipos.

Esta adaptabilidad y facilidad de la lechuga al cultivo *in vitro* la ha llevado a ser el primer cultivo enviado al espacio, en el sistema "Veggie", una unidad de producción vegetal desplegada fuera de la atmósfera terrestre, perteneciente a la Estación Espacial Internacional de la NASA (<http://www.nasa.gov/content/veggieplant-growth-system-activated-on-international-space-station>).

La primera publicación de producción de plantas transgénicas de lechuga se logró infectando cotiledones de plántulas con *A. tumefaciens*. *Curtis et al.* (1994) desarrollaron un protocolo de transformación independiente del genotipo que, desde entonces, ha sido utilizado con éxito en la producción de plantas transgénicas de lechuga provenientes de más de 40 cultivares.

El desarrollo de un sistema de transformación estable en lechuga ha permitido la introducción de varios genes orientados al mejoramiento molecular del cultivo. En este sentido, se obtuvieron diferentes líneas transgénicas con resistencia a patógenos virales tales como el virus del mosaico (*Lettuce mosaic potyvirus*– LMV) o el virus que produce la enfermedad de Big Vein (*Lettuce big-vein varicosavirus* – LBV), y a patógenos fúngicos como *Bremia lactucae* o *Sclerotinia sclerotiorum*. También, se han desarrollado eventos transgénicos con resistencia a estreses abióticos como déficit hídrico/estrés salino y heladas. Sin embargo, debe mencionarse que ninguno de estos cultivos se encuentra en el mercado y han quedado restringidos a evaluaciones en invernáculo o campos experimentales. Recientemente, el grupo de Aragão del EMBRAPA (Brasil), publicó un trabajo y presentó una solicitud de patente para la producción de plantas de lechuga resistentes a insectos plaga, como la mosca blanca, mediante la tecnología de ARN de interferencia. En nuestro país, en el Instituto de Biotecnología (INTA), se obtuvieron eventos transgénicos que mostraron en invernáculos de bioseguridad una mejor respuesta frente a ensayos de desafío con *Rizoctonia solani* y *Sclerotinia sclerotiorum* por la expresión de un péptido antimicrobiano snakin-1 obtenido de papa.

Al mismo tiempo, la lechuga integra el grupo de OVGM de segunda o tercera generación que producen moléculas de interés como la producción de edulcorantes o vacunas. También, se han desarrollado eventos con mayor contenido de vitamina E, folatos y fitoalexinas, como el resveratrol, que tienen efectos beneficiosos para la sa-

lud. Estas aplicaciones biotecnológicas encuentran en la lechuga tres grandes ventajas: la primera es que puede ser consumida en fresco, permitiendo la conservación de proteínas susceptibles a la desnaturalización. La segunda es que tiene un ciclo de vida corto en comparación con otras especies vegetales, siendo una opción interesante para usarse como biorreactor. Y la tercera es su adaptabilidad a las condiciones de cultivo *in vitro*, hidropónico o bajo cubierta que permite una producción fácilmente escalable en casi cualquier lugar.

En concordancia con todas las ventajas previamente enumeradas para realizar estudios de biología molecular y biotecnología, la lechuga también ha sido elegida como una de las especies vegetales para ser mejoradas utilizando la edición génica. Existen algunos trabajos científicos ya publicados, así como diferentes grupos científicos trabajando en la modificación de diversos genes en esta especie vegetal.