Propiedad intelectual en mejoramiento vegetal y biotecnología

Volumen I

Miguel A. Rapela
Director académico

Autores
Miguel Rapela - Andrés Sánchez Herrero
Mónica Witthaus - Lucas Lehtinen
Gloria Montaron Estrada - Cristian Bittel

Colaboradores
Diego Risso - Roberto Enríquez

DERECHO

UNIVERSIDAD AUSTRAL
EDICIONES

Propiedad intelectual en mejoramiento vegetal y biotecnología

Volumen I

Miguel A. Rapela
Director académico

Autores
Miguel Rapela - Andrés Sánchez Herrero
Mónica Witthaus - Lucas Lehtinen
Gloria Montaron Estrada - Cristian Bittel

Colaboradores
Diego Risso - Roberto Enríquez

UNIVERSIDAD AUSTRAL
EDICIONES

Propiedad Intelectual en Mejoramiento Vegetal
y Biotecnologma Agrmcola /
Miguel Angel Rapela... [et al.].- 1a ed.- Pilar : Universidad
Austral Ediciones, 2022.
Libro digital, EPUB

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-950-893-932-6

1. Propiedad Intelectual. 2. Agronomma. 3. Agricultura.
I. Rapela, Miguel Angel.
CDD 346.0486

© Universidad Austral Ediciones

Primera edición: octubre de 2022
ISBN: 978-950-893-932-6

Queda hecho el depósito que previene la ley 11.723

Director de la editorial: Miguel Ángel Rapela
Coordinador editorial: Juan González del Solar
Diseño de colección y diagramación: Daniela Coduto
Corrección: Raul Mileo

Esta publicación no puede ser reproducida, ni en todo ni en parte, ni registrada en,
o transmitida por, un sistema de recuperación de información, en ninguna forma
ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico,
por fotocopia o cualquier otro, sin permiso previo por escrito de la editorial.

Capítulo 1

¿Por qué agricultura?

Miguel A. Rapela

Director académico y profesor de la Maestría en Propiedad Intelectual y Nuevas Tecnologías (MPINT), Facultad de Derecho, Universidad Austral. Director de Vinculación de la Plataforma de Genómica y Mejoramiento, UBATEC S. A.

Resumen. Es un error percibir la actividad agrícola en general como primaria y tecnológicamente poco activa. Por ejemplo, una de estas actividades, el mejoramiento vegetal moderno de las especies cultivadas es, por el contrario, una especialidad científica/técnica del más alto nivel en la que se conjugan la genética, la fisiología, la estadística, la matemática, la bioinformática y la inteligencia artificial. El mejoramiento vegetal conduce a la obtención de nuevas variedades vegetales, las cuales pueden protegerse por un instrumento específico que es el derecho del obtentor (DOV) y mediante la aplicación de otros instrumentos tradicionales, tales como las patentes, para la protección de las invenciones biotecnológicas. Para comprender la importancia de este derecho de propiedad se presenta una introducción breve a la agricultura moderna y a explicar el extraordinario ciclo de invención e innovación que subyace tras cada alimento que consumimos.

Palabras clave. Agricultura moderna; mejoramiento vegetal moderno; Malthus; Boserup; Borlaug.

¿Why agriculture?

Abstract. It is a mistake to perceive agricultural activity in general as primary and technologically inactive. For example, one of these activities, the modern plant breeding of cultivated species, is, on the contrary, a scientific/technical specialty of the highest level in which genetics, physiology, statistics, mathematics, bioinformatics, and artificial intelligence are combined. Plant breeding leads to the development of new plant varieties which can

be protected by a specific instrument which is the Plant Breeder's Right, and through the application of other traditional instruments, such as patents, for the protection of biotechnological inventions. To understand the importance of this property right, a brief introduction to modern agriculture to explain the extraordinary cycle of invention and innovation behind every food we eat is presented.

Keywords. Modern Agriculture; Modern Plant Breeding; Malthus; Boserup; Borlaug.

1. Introducción

¿Qué trascendencia o importancia le damos al hecho de comprar una manzana en el sector de frutas de un supermercado, o abrir el refrigerador de nuestra casa y tomarla para consumirla?

Seguramente nunca nos hemos cuestionado ni preguntado sobre ello, y hay muchas razones que lo justifican. Salvo que estemos directamente relacionados a la actividad agrícola, la percibimos en general como primaria y tecnológicamente poco activa. De allí, y entre tantas otras cosas, los dos hechos mencionados al inicio nos parecen absolutamente cotidianos, normales, repetidos e intrascendentes y, ciertamente en condiciones regulares, no hacemos disquisiciones filosóficas de fondo ya que no afectan nuestra vida en ningún sentido. Las manzanas son nada más que manzanas, suponemos y asumimos que esto ha sido así desde siempre y, concretamente, a todos nos resulta habitual que existan manzanas en los anaqueles de los supermercados y que las podamos adquirir para llevarlas a nuestras casas. En realidad, lo que nos sorprendería sería justamente lo opuesto: ¿cómo es que no hay manzanas en el supermercado si siempre las hay?

Ahora, supongamos que vamos a adquirir una notebook. Sin dudas las cosas serían diferentes. Por empezar, percibimos que estamos adquiriendo un elemento de tecnología de avanzada, sofisticado, de intrincada fabricación, lujoso en algún sentido. También conocemos o sabemos que hay notebooks y notebooks, por decirlo de alguna manera. Tenemos sentido de las marcas y hasta podemos elegirlas por el logo. Sabemos que es necesaria

cierta capacidad de procesamiento según la actividad que pensamos hacer con ella. En resumidas cuentas, estamos adquiriendo algo especial, no vulgar, lo cual constituye un hecho no cotidiano.

¿Le creeríamos a alguien que nos viniese a decir que, en términos de avance tecnológico, una manzana y una notebook no se diferencian sustancialmente?

Difícilmente, y esto es justamente lo que trataremos en este capítulo introductorio, debiendo destacar además que esta percepción no es un fenómeno de la sociedad de Argentina o de Latinoamérica, sino que es generalizado. Un reciente y extenso estudio llevado a cabo en el Reino Unido (SSA, 2022) reveló que:

- Los consumidores claramente no son conscientes del nivel de intervención científica que respalda el suministro de productos frescos e ingredientes básicos, que creen que no se ven afectados por la intervención humana.
- La mayoría de los consumidores piensa que los cultivos alimenticios, incluidos el trigo, la cebada, la avena, la remolacha azucarera y las papas, son nativos de Gran Bretaña, pero en realidad estos cultivos provienen de diferentes partes del mundo.
- Muchos encuestados dijeron que estaban "cegados por la ciencia" en términos de innovaciones alimentarias y agrícolas debido a los términos altamente científicos y técnicos utilizados y la falta de información accesible sobre estos temas.
- El estudio plantea dudas sobre la validez de los debates públicos actuales en temas como el mejoramiento de precisión (edición génica) cuando la mayoría de los consumidores desconoce el nivel de intervención científica que ya se ha realizado en el desarrollo de los alimentos cotidianos.

2. El dilema Malthus/Boserup

Volvamos a las manzanas, pero ahora ampliemos el concepto y hablemos de alimentos en general.

El primer punto que analizaremos es el principal. Debemos saber que, si podemos ir a un supermercado y elegir nuestros alimentos para llevarlos al refrigerador en nuestras casas para consumirlos, somos muy afortunados por dos razones; la primera es porque disponemos de dinero para hacerlo, pero la segunda es más relevante. Podemos adquirir alimentos ya que hay alimentos disponibles.

Según el libro blanco de la FAO y el Foro Transformar los Sistemas Alimentarios (FAO, 2022), en 2020, la pandemia acentuó los problemas alimentarios mundiales. Hoy en día, más de 3000 millones de personas no pueden permitirse una dieta saludable, más de 1500 millones no pueden permitirse una dieta con el nivel mínimo de nutrientes esenciales y 811 millones de personas están pasando por una situación de hambre terminal. También existe una disparidad de género en términos de inseguridad alimentaria: las mujeres tienen un 10 % más de probabilidades que los hombres de padecer inseguridad alimentaria moderada o grave (Whiting, 2022).

En forma sintética, podemos decir que uno de cada tres habitantes del planeta no puede ir a un supermercado para adquirir comida; o porque no la hay, o porque no tiene los medios económicos para hacerlo.

Bien, asumamos entonces que somos parte del equipo afortunado y podemos adquirir alimentos. En tal caso, nos podríamos hacer más preguntas.

Según las estimaciones de las Naciones Unidas (United Nations, 2019), en los inicios de la agricultura, unos diez mil años a. C., la población mundial era de aproximadamente cinco millones y, con estimaciones dudosas, aumentó a doscientos o trescientos millones hasta el año 1 d. C., con una tasa de crecimiento de menos del 0,05 % por año. Recién cercano al año 1800 la población mundial alcanzó los primeros mil millones. La revolución industrial produjo un cambio tremendo y los segundos mil millones se lograron en solo ciento treinta años (1930), los terceros mil millones en treinta años (1960), los cuartos mil millones en quince años (1974), y los quintos mil millones en solo trece años (1987). Solo durante el siglo XX, la población mundial ha crecido de 1650 millones a 6000 millones y, en 1970, había aproximadamente la mitad de las personas en el mundo que ahora.

Si en 1930 éramos 2000 millones y solo cien años después somos casi 8000 millones, ¿cómo es que hay alimentos suficientes y no estamos en medio de una crisis alimentaria mundial?

Lo más básico es percibir que, si la población ha crecido a tasa geométrica, la disponibilidad de alimentos, al menos, tiene que haber aumentado en la misma proporción, y eso no puede haber sido producto del azar o por razones naturales.

La primera y más famosa alarma en este sentido la dio Robert Malthus.

Nos relata Rapela (2019) que Robert Malthus fue un observador compulsivo del explosivo crecimiento poblacional en la revolución industrial quien, en 1798, escribió *Ensayo sobre el principio de la población*. Con poca fe en sí mismo, al punto que lo publicó en forma anónima, y a pesar de ser un trabajo panfletario y sin documentación sobre sus postulados, su éxito fue inmediato y en vida de Malthus aparecerían cinco ediciones más, ahora sí firmadas. Su famoso postulado fue sugerir que mientras la población tiende a crecer en progresión geométrica, la provisión de alimentos solo aumenta en progresión aritmética, por lo que llegará un día en que la población será mayor que los medios de subsistencia, de no aplicar su propuesta de medidas preventivas y represivas (Malthus, 1798).

Las hipótesis neomalthusianas posteriores ampliadas y profundizadas por varios autores no fueron menos alarmistas. Los temores de una explosión demográfica incontenible se acentuaron en las décadas de 1950 y 1960 y, en 1968, el profesor de la Universidad de Stanford Paul Ehrlich y su esposa publicaron con un enorme impacto de ventas *The Population Bomb*, en donde predijeron una hambruna mundial debido a la sobrepoblación (Ehrlich, 1968). El postulado de los Ehrlich era básicamente una repetición del argumento de la catástrofe malthusiana de que el crecimiento demográfico superaría el crecimiento agrícola, a menos que se aplicaran drásticas medidas de control; "cientos de millones de personas van a morir de hambre". Pero, mientras que Malthus no había ido mucho más allá de mencionar el control de la natalidad, los Ehrlich propusieron soluciones sumamente radicalizadas, tales como desabastecer de alimentos a los países que se negaran a aplicar medidas de control de la natalidad.

La erróneamente denominada "teoría de Malthus" y las hipótesis neomalthusianas posteriores nunca se demostraron hasta ahora. Malthus y Ehrlich, y varios más, erraron en sus predicciones y sus críticos abundaron, siendo la más notable la economista danesa Esther Boserup, quien, en 1965 y en medio de la revolución verde (ver más adelante), escribió el libro

Las condiciones del crecimiento agrícola. Con una amplia experiencia de campo, Boserup defendió los aspectos positivos de una población en constante crecimiento, estableciendo que cuanta más gente hay, más mano de obra hay. Predijo que, cuando se pasa un punto crítico, evolucionan nuevas formas de la agricultura que hacen que cuando la población se incrementa, más presión se pone sobre el sistema agrícola, lo cual estimula la invención/innovación. Los cambios tecnológicos en el sistema agrícola, expresó, permiten el desarrollo de cultivos más productivos e incremento de rendimientos (Boserup, 1965).

Boserup fue más acertada que Malthus y luego Ehrlich, pero menos reconocida que estos últimos. Un poco por negligencia, pero más por no haber podido prever lo que ocurriría en los campos de la investigación agrícola, Malthus no detectó que la prolongada era de la domesticación de especies vegetales basada en el empirismo y el fenotipo tocaba a su fin. Pero lo que podría ser un paliativo al error en Malthus ya era inadmisible en el neomalthusianismo. Como se verá repetidamente en otros capítulos de este libro, en 1866, y tras el trabajo de Gregor Mendel, que recién sería reconocido a principios del siglo XX, comenzaba la era científica del mejoramiento vegetal. En un poco más de un siglo, esta disciplina pasó de ser un arte práctico a una especialidad científico/técnica del más alto nivel en la que se conjugan la genética, la fisiología, la estadística, la matemática, la bioinformática y la inteligencia artificial.

Lo que ocurrió en los últimos cien años fue que no solamente la población se incrementó en tasa geométrica sino que, en gran medida, lo mismo ocurrió con la provisión de alimentos. Esto último fue producto principalmente del mejoramiento vegetal de las especies cultivadas y, en segundo lugar, de la aplicación de prácticas de manejo de cultivos a escala industrial.

A pesar de ello, el tema es complejo y no es posible asumir que este "bienestar" del que muchos gozan sea eterno. En un exhaustivo análisis de fuentes internacionales públicas y privadas incuestionables, Rapela (2019a) señala que en la última década hay claras señales de alarma sobre los crecimientos productivos de los diferentes cultivos. Numerosos estudios muestran que alimentar y dar energía al mundo requerirá que la producción agrícola entre los años 2010 y 2050 se incremente al doble. Para llegar a

esta cifra se necesita una tasa de crecimiento de la productividad de los principales cultivos del orden del 2,4 % por año y los estudios públicos y privados realizados indican que las mejoras promedio del rendimiento de maíz, arroz, trigo y soja están con un crecimiento del 1,2 %, o sea la mitad de lo necesario.

3. ¿Cómo llegó esta manzana?

Bien. Ya sabemos entonces dos cosas: 1) que somos afortunados por poder comprar alimentos, y 2) que hay alimentos para todos gracias principalmente al mejoramiento genético de los cultivos. Pero ¿cómo fue que esta manzana que estamos a punto de comprar llegó hasta el supermercado?

Los científicos (Migicovsky y col., 2021) explican que la manzana (*Malus domestica*) es uno de los cultivos perennes de mayor importancia comercial en el mundo y su mejoramiento genético ha sido el foco del esfuerzo humano durante miles de años. La caracterización genética de más de mil accesiones de manzanas de la colección de germoplasma del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) utilizando más de treinta mil polimorfismos de un solo nucleótido (SNP) (ver Capítulo 2) permitió determinar que la mitad de la colección está interconectada por una serie de relaciones de primer grado. Además, el 15 % de las accesiones tiene una relación de primer grado con uno de los ocho principales cultivares producidos en los EE. UU. Con la excepción de Honeycrisp, los ocho mejores cultivares están interconectados entre sí a través de relaciones de pedigrí. Se descubrió que los cultivares Golden Delicious y Red Delicious tenían más de sesenta parientes de primer grado, de acuerdo con su uso repetido por parte de los mejoradores profesionales de manzanas. El estudio detectó un marcado sesgo de la selección genética hacia la coloración intensa para la piel roja y, en segundo término, para una mayor firmeza del fruto que posibilitara mayores períodos de almacenamiento del fruto poscosecha. El árbol de relaciones filogenéticas del manzano moderno puede observarse en la Figura 1.1.

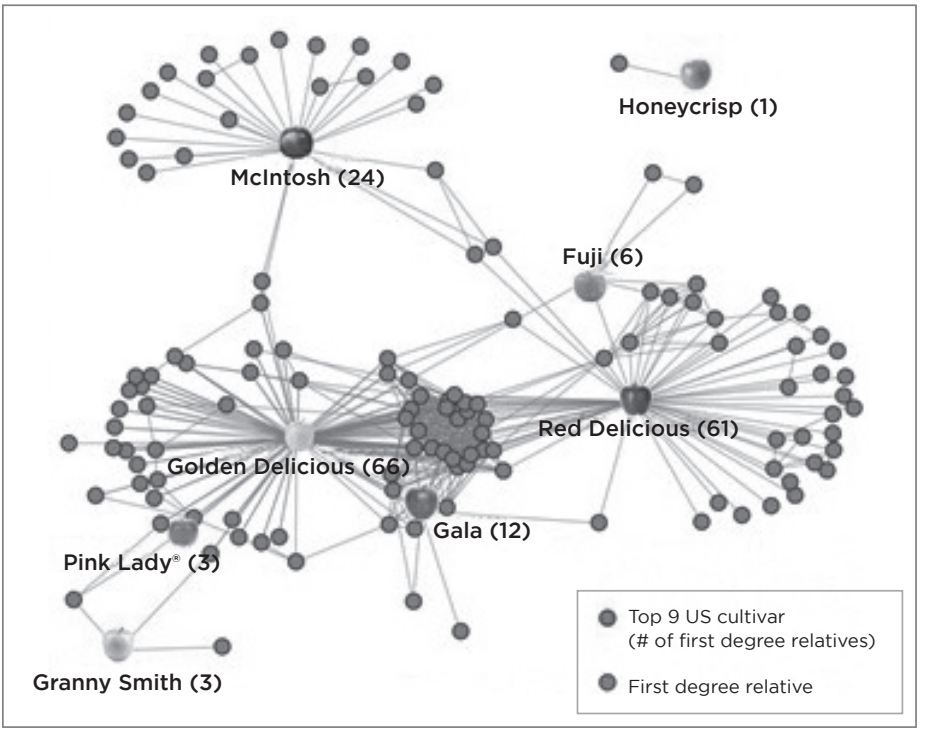

Figura 1.1 Red de relaciones de primer grado con las ocho variedades de manzana más vendidas en EE. UU. Cada variedad de manzana está representada por un punto y cada línea representa una relación de primer grado. (Fuente: Migicovsky y col., 2021, con autorización).

Golden Delicious, Red Delicious, Granny Smith y McIntosh pueden resultar nombres conocidos de variedades de manzanas y, de hecho, fueron descubiertas hace más de cien años. Pero aquellas originales ya no están en el mercado. A medida que el clima cambia, las plagas y las enfermedades que atacan a los árboles y las frutas también cambian. Asimismo, con el paso del tiempo, los gustos de los consumidores a su vez cambian. Solo los mejoradores profesionales de cultivos están dispuestos a correr el riesgo y crear nuevas variedades para adaptarse a todos estos cambios. Lo que en realidad estamos adquiriendo, entonces, son algunas de las diversas variedades desarrolladas a partir de aquellas pioneras y marcadas con los puntos grises en la figura. ¿Cuánto demora este proceso incremental? Como ejemplo, empecemos considerando que el mejorador profesional debe decidir qué cruzar, teniendo como base el complicado esquema de relaciones filogenéticas y de acuerdo a sus objetivos (Figura 1.2).

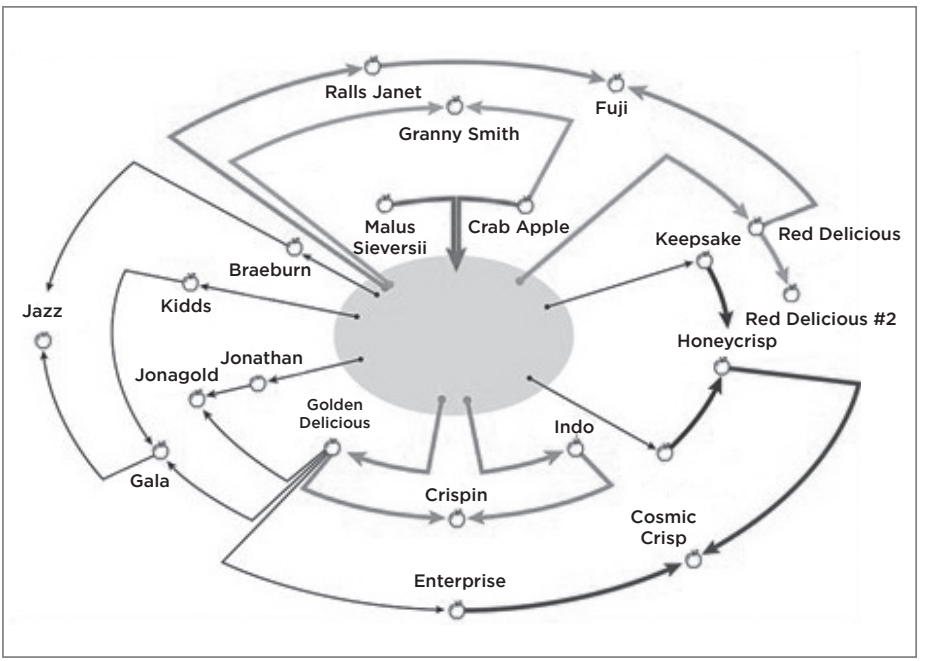

Figura 1.2. El mejoramiento tradicional del manzano —como de todas las especies— es un juego matemático de probabilidades. La genética del manzano es tan diversa que de los granos de un mismo cruzamiento pueden generarse variedades completamente diferentes. (Fuente: Ahmed, 2019, con autorización).

Además, como estamos trabajando con una especie perenne y frutal, los tiempos son extremadamente prolongados. Un solo ejemplo da una idea de esto; en un programa de mejoramiento de manzano de Alemania que se inició con 52.000 semillas, al cabo de veintiséis años de trabajo generó solamente tres variedades comerciales (Peil y col., 2008).

Pero aún hay más dificultades. Las manzanas, como todo árbol frutal, tienen flores y las flores del manzano requieren polen de otro árbol de manzano para dar fruto. La consiguiente fruta producto de la transformación floral será lo que consumimos, pero las semillas dentro de ella ahora contienen dos copias de ADN en cada célula, una del árbol en el que creció y otra del árbol del que proviene el polen. Si sembramos esas semillas y aguardamos (años), el árbol ya no da el fruto de la variedad original, sino un fruto que es mezcla de ambos progenitores. El punto es que los frutales no se multiplican mediante semillas,

sino en forma asexual mediante propagación clonal, la cual implica tomar un corte de madera que incluye un capullo del árbol seleccionado para hacer crecer un nuevo árbol, llamado clon. Cualquier huerto de manzanas compuesto por una única variedad es, en realidad, un huerto de clones de esa variedad. Asimismo, desde que se inicia la propagación clonal hasta que el árbol comienza a dar frutos, dependiendo de la variedad y condiciones ambientales, se debe esperar de dos a cinco años.

Por su lado, diseñar una notebook desde cero a entrega final es también un proceso complicado. En primer lugar, los ingenieros, arquitectos y diseñadores deben decidir sobre cada punto técnico, aspecto exterior y portabilidad, probando, ensayando y seleccionando el mejor para la fabricación comercial a escala. Aprobados todos los pasos regulatorios, las distintas piezas deben ser fabricadas en forma convencional o 3-D, o adquiridas a otros fabricantes a gran escala y ensambladas en una sola. Luego se empacan y se envían a destino final. Pero, al ser un proceso completamente mecánico y de ingeniería de software, no depende de contingencias ambientales ni ciclos de vida anuales como producir una manzana.

Una apreciable diferencia de tiempo separa entonces a nuestra manzana de nuestra notebook. Desarrollar la idea conceptual de una nueva notebook hasta convertirla en un hardware puede llevar meses, pero no más de dos años. Ensamblar la notebook ya modelada y con sus partes individuales a disposición, solo unos minutos. En su caja de embalaje, la notebook podrá permanecer años sin ninguna alteración. Por su lado, para que esa manzana que estamos por comprar esté en el anaquel del supermercado, transcurrieron no menos de veinte años de trabajo de mejoramiento genético y estabilización de la variedad, más alrededor de cuatro años hasta la madurez sexual del árbol, lapso que puede aumentar sensiblemente si cualquier contingencia climática afectó una o varias temporadas de cultivo. Y todavía la manzana está en el árbol. Resta cosecharla, empacarla, trasladarla al centro de distribución regional, luego al zonal y, finalmente, será desempacada y puesta en el exhibidor del supermercado. Y allí no podrá estar más de un par de semanas aproximadamente, ya que se deteriorará y nadie la va a comprar.

Y si continuamos con las diferencias de tiempos, todavía falta un detalle crucial. La primera computadora de escritorio —Programma 101 de la firma Olivetti— fue lanzada en 1965. Pero el nacimiento de la domesticación de

plantas es la marca del nacimiento de la civilización ya que, desde sus orígenes, la principal actividad de los seres humanos fue la búsqueda de alimentos.

El paso del nomadismo (paleolítico) al sedentarismo (neolítico) comenzó alrededor del año 10.000 a. C. y se lo conoce como "revolución neolítica" y también como "revolución agrícola". Este paso marcó la transición en la historia humana y fue acompañado por un proceso de domesticación de plantas cultivadas que permitió el afincamiento de poblaciones en lugares fijos. La recolección de semillas a fines de guardarlas para la siguiente temporada fue el hecho central. A través de cientos y luego miles de años, los cultivos fueron siendo cada vez más productivos permitiendo, junto con el sedentarismo, la paulatina liberación de tiempo que fue aprovechada para desarrollar arte, artesanía, escritura, ciencia y, finalmente, condujeron a la vida humana moderna tal como la conocemos. De tal forma, las plantas se usaron para la agricultura y, a su vez, esos nuevos tipos de plantas permitieron que ocurrieran cambios en las poblaciones humanas en un proceso coevolutivo; la civilización no podría existir sin la agricultura, y la agricultura no podría sostener el mundo civilizado sin las variedades vegetales desarrolladas por el hombre (Balter, 2005; Rapela, 2020a).

4. ¿Qué hay dentro de la manzana?

En una notebook, el sistema informático consiste en una colección de entidades que están diseñadas para recibir, procesar, administrar y presentar información en un formato dado. Este sistema se compone de: a) hardware informático, que son partes físicas de una computadora, por ejemplo dispositivos de entrada, dispositivos de salida, unidad central de procesamiento y dispositivos de almacenamiento; b) software informático, que son partes intangibles de una computadora y consisten en programas o aplicaciones que abarcan el software del sistema y el software de aplicación.

Ciertamente, el sistema informático es algo complejo, pero no menos son las tecnologías utilizadas en el desarrollo, producción y venta de variedades vegetales, como la de esta variedad de manzana de la que estamos hablando. Para el desarrollo de variedades vegetales con mayor precisión y rapidez es necesario aplicar ciencias y tecnologías sofisticadas tales como genética,

fisiología, biología celular, mapeo de genes, marcadores moleculares, inteligencia artificial, robótica, *big data*, machine learning, etc. (ver Capítulo 15).

La razón por la cual esto es tan complicado reside —para nuestro caso— en el hecho de que la manzana moderna tiene diecisiete cromosomas que derivaron de un ancestro con nueve cromosomas que experimentó una duplicación de todo el genoma. En sus diecisiete cromosomas, la manzana tiene aproximadamente 57.000 genes. Tras casi una década de estudios, un consorcio internacional (Daccord y col., 2017) obtuvo ese dato y, para darnos una idea de lo que esto significa, fue en ese momento el número más alto de genes de cualquier genoma vegetal estudiado. No solo eso, el genoma de manzana tiene muchos más genes que el genoma humano, que tiene alrededor de 25.000 genes.

Cuántos elementos críticos tiene una notebook es muy variable según sus prestaciones pero, por el otro lado, para obtener una nueva variedad de manzana, es necesario lograr un reordenamiento inédito de sus 57.000 genes. A través del mejoramiento vegetal, podemos obtener nuevas variedades vegetales que mantengan y potencialmente aumenten los rendimientos y estén mejor adaptadas para resistir enfermedades y los efectos del cambio climático, como sequías o inundaciones, apoyando la agricultura sostenible y la seguridad alimentaria.

Aunque a todos nos pasa lo contrario, deberíamos maravillarnos tanto por comprar una manzana como por adquirir una notebook de última generación. Ambos son el producto de permanentes ciclos de invención/innovación y hay tanto desarrollo tecnológico en uno como en otro.

5. Norman Borlaug y la revolución verde

Se podrían exponer muchos ejemplos ilustrativos de lo que significó el mejoramiento genético vegetal para evitar catástrofes alimentarias, pero ninguno tuvo el impacto y la trascendencia de la denominada "revolución verde", cuyo protagonista excluyente fue el Dr. Norman Borlaug.

Sobre la base de la biografía escrita por Fereres (2010), Norman Borlaug nació en 1914 en una granja del estado de Iowa, EE. UU., en el seno de una familia de origen noruego. Interesado fuertemente en temas agrícolas, fue el primero de su familia que decidió cursar estudios universitarios, que culminaron

exitosamente en la Universidad de Minnesota con el grado de doctor. Una asistencia casi accidental a una conferencia del destacado fitopatólogo Elvin Stakman lo condujo a interesarse por las royas, hongos parasíticos de los cultivos. A la par de esto, a mediados de los 40, la Fundación Rockefeller creaba en México el Centro Internacional para la Mejora del Maíz y Trigo, CIMMYT, al que se unió el Dr. Borlaug como especialista en patología vegetal de trigo. Si bien mediante su trabajo fue posible obtener variedades resistentes, fue evidente para Borlaug que el problema radicaba en que el incremento de rendimiento de las variedades de trigo era demasiado lento, lo cual lo condujo a pensar en un salto cualitativo, trabajando simultáneamente en todos los frentes, desde la mejora genética a la agronomía.

Las variedades existentes de trigo en ese momento tenían además otro defecto importante; todas eran muy altas (alrededor de 150 cm), de tallos finos y muy propensas al vuelco, lo cual no solo dificultaba la cosecha, sino que provocaba enormes pérdidas. Intentar mejorar el rendimiento de estas variedades, es decir lograr mayor peso de los granos de la espiga, solo llevaba a acrecentar el problema del vuelco. En términos de fisiología vegetal, particionar los fotosintatos hacia el grano y no hacia el tallo no causaba en definitiva ningún efecto provechoso. Lo que había que lograr era disminuir la altura del trigo.

Borlaug inició entonces un programa de cruzamientos con trigos enanos procedentes de Japón, en particular la variedad Norin 10. Como resultante de los cruzamientos y la esmerada selección de variedades con una inédita repartición de fotosintatos, optimización del índice de cosecha e insensibilidad al fotoperíodo permitiendo la siembra en distintas latitudes, se obtuvieron variedades semienanas de trigo (alrededor de 100 cm de altura), muy macolladoras y que admitían elevadas dosis de abonado nitrogenado y de riego sin volcarse (Britney, 2007). Lo notable del trabajo no solo fue la idea de reducir la estatura del trigo, sino la rapidez en generar nuevas variedades semienanas, mediante un proyecto pionero con dos generaciones al año (en lugar de una, que era lo normal) sembrando en dos localidades de México que complementaban sus ciclos.

Las dos primeras variedades del equipo de científicos de Borlaug fueron la Pitic 62 y la Penjamo 62, y su éxito fue espectacular. Para 1963, el 95 % de los cultivos de trigo de México era con esas variedades, sextuplicando el rendimiento histórico. Dos años después, serían lanzadas las variedades Lerma Rojo

64, Siete Cerros, Sonora 64, Súper X y Sonalika, con las cuales México alcanzó la autosuficiencia en la producción de trigo, logro que se repitió cuando fueron introducidas en India, Pakistán y otros países. Para acelerar el potencial del trigo de Borlaug, en 1967 Pakistán importó de México cerca de 42.000 toneladas de variedades semienanas, Turquía, 22.000 toneladas e India, 18.000 toneladas. En esa época, esta fue la adquisición más grande en la historia de la agricultura. El aumento de los rendimientos de trigo, tanto en la India como en Pakistán, fue algo nunca antes visto (CIMMYT, 2016).

La idea de reducir la estatura del trigo se llevó luego y también exitosamente a otros cultivos, en particular el arroz, centralizado en el International Rice Research Institute de Filipinas.

Desde México, el Dr. Borlaug se enfocó en un segundo aspecto no menos relevante. La investigación estaba hecha, pero no la innovación. Había que llevar el logro científico a la masividad comercial en países muy pobres donde la amenaza del hambre era muy patente, tales como Oriente Medio y, sobre todo, Asia.

La tenacidad de Borlaug en el entrenamiento de decenas de profesionales de las ciencias agronómicas comenzó a dar sus frutos, y las nuevas variedades de trigo que se fueron obteniendo se adaptaron con celeridad a la extraordinaria diversidad de ambientes y de sistemas de producción de los distintos países de Oriente Medio y Asia.

Para principios de los 60, nos dice Fereres (2010):

> La "revolución verde" ya estaba en marcha. Los avances paralelos en agronomía y mecanización mantuvieron o incluso incrementaron el progreso en la productividad de los cultivos y para el final de la década, la revolución verde ya era un éxito sin precedentes en la historia de la alimentación humana.

En 1970 se concedió el Premio Nobel de la Paz al Dr. Norman E. Borlaug, siendo el segundo en la historia, y el último hasta ahora, otorgado a una persona relacionada con la producción de alimentos. El fundamento de la máxima distinción no fue menor: Borlaug no solamente había ayudado a producir pan para un mundo hambriento, sino que sus esfuerzos habían contribuido a la paz mundial.

Continúa diciendo Fereres (2010):

> No estaban desencaminados los miembros del Comité Nobel; la segunda mitad del siglo XX ha sido una época notable de paz, bienestar y desarrollo económico para la mayoría de la población mundial, si se la compara con épocas precedentes. Los grandes avances en ciencia y tecnología en los distintos ámbitos en los que se ha basado el desarrollo económico, siendo importantes, no se hubieran materializado sin el progreso paralelo en la investigación agraria, que alivió notablemente el problema del hambre. Una característica notable de la investigación agraria es su bajo coste relativo a los beneficios que genera. Numerosos estudios económicos, comenzando por la valoración de las inversiones que produjeron el maíz híbrido, permiten concluir que las inversiones en investigación agraria han sido hasta la fecha el negocio más rentable del sector público. Los centros internacionales como el CIMMYT, en el que trabajó toda su vida Borlaug, han contribuido decisivamente a este éxito, basando su actividad en unos niveles de inversión mínimos en relación con lo que se invierte en otras áreas de la investigación. El impacto del trabajo de Norman Borlaug ha sido tan notable que, en 2002, el 68 % de la superficie mundial de trigo (95 millones de ha) se sembró con variedades que contenían germoplasma del CIMMYT.

Con el paso del tiempo, la intensificación de forma insostenible de la producción agraria comenzó a generar problemas. El excesivo y descontrolado uso de agroquímicos, fuerte dependencia de insumos importados, erosión de suelos, expansión desmesurada de sistemas de riego y deforestación llevaron en ciertos sectores a plantear fuertes críticas a la revolución verde (Gargano, 2022, pp. 1-33). Conjuntamente, el aumento de la producción de alimentos condujo a la superpoblación mundial y en ciertos sectores se ha estigmatizado a Borlaug por ser, entre otras cosas, el "culpable" de dicha sobrepoblación mundial. Además de ello, los principales problemas que rodean el uso de estas tecnologías radican en la falta de infraestructuras adecuadas (Britney, 2007).

Sin embargo, fue justamente Norman Borlaug quien preanunció de forma certera los problemas emergentes de la intensificación agraria de su propia "revolución" y batalló, muchas veces sin ningún éxito, para que no disminuyeran los fondos aplicados a investigación y desarrollo en mejoramiento vegetal por los grandes centros de investigación. Lo importante, subrayaba Borlaug, no es el aumento productivo *per se* de las variedades vegetales, sino promover una intensificación sostenible en el tiempo de la

agricultura moderna, lo cual implica un desafío mucho más complejo y que muy pocas veces ha sido abordado en forma integrada.

Más allá de las injustificadas críticas, Borlaug es una de las personas más trascendentes que han cincelado a la sociedad mundial actual. Y esto es, en definitiva, el mejoramiento vegetal. A pesar de todas sus críticas, la revolución verde "ha cambiado para siempre la forma de llevar a cabo la agricultura en todo el mundo, beneficiando a la población de muchos países que necesitan una mayor producción de alimento" (Britney, 2007).

6. Conclusiones y contenidos

Este mejoramiento de cultivos que muy sintéticamente hemos descripto para las manzanas y el trigo consiste básicamente en la obtención de nuevas variedades vegetales. Esto es, por lo tanto, una actividad creativa por definición y, como tal, factible de ser protegida mediante mecanismos de propiedad intelectual.

En este libro nos adentraremos en el estudio del derecho específico relacionado con la creación de variedades vegetales, que es el derecho del obtentor (DOV), y en la aplicación de otros instrumentos tradicionales, tales como las patentes, para la protección de las invenciones biotecnológicas.

En el libro iremos también avanzando en la comprensión sobre la sensibilidad del tema y de sus aristas éticas; estamos hablando de protección de materia viva, por un lado, y de un órgano de propagación —la semilla— que es central para la alimentación.

El Capítulo 2 del libro está destinado a los lectores que no provienen de las distintas especialidades biológicas. Es muy importante su lectura y ampliación con la bibliografía correspondiente ya que toda la aplicación del derecho que comenzaremos a transitar es sobre sustancia viva. Algo nuevo en todo el desarrollo de los derechos de propiedad intelectual.

El Capítulo 3 está dedicado a los más importantes instrumentos internacionales que regulan la actividad: el tratado ADPIC, el de la UPOV, y sus distintos alcances en los países de la región.

Los capítulos 4, 5, 6 y 7 están dedicados a un tema altamente complejo del derecho del obtentor, que es la excepción del agricultor. Analizaremos sus orígenes en el Capítulo 4, dogmatismo en el Capítulo 5, exégesis de los sistemas de

observancia del derecho en el Capítulo 6 y la situación particular del comercio de semillas de variedades protegidas de Argentina en el Capítulo 7.

El Capítulo 8 estará dedicado a la excepción del fitomejorador y una ampliación del alcance del derecho del obtentor del Convenio UPOV de 1991, que es el concepto de variedad esencialmente derivada.

En el Capítulo 9 entraremos a analizar la protección de las invenciones biotecnológicas y todas las dificultades emergentes de la coexistencia de derechos sobre una única variedad vegetal y, a continuación, en el Capítulo 10, los vacíos de protección que se observan en la legislación vigente de algunos países, en particular Argentina.

En el Capítulo 11 se tratará el más importante avance científico en el campo de la biología, que es la edición génica, y la manera en que esta nueva revolución tecnológica está superando todos los límites del derecho de propiedad existente.

El Capítulo 12 está dedicado al principio del agotamiento del derecho de propiedad y cómo afecta al derecho del obtentor y a las patentes de invenciones biotecnológicas.

El Capítulo 13 está dedicado a los recursos genéticos y al análisis de los dos instrumentos internacionales más importantes en la materia: la Convención de Diversidad Biológica y su complemento, que son el Protocolo de Nagoya y el Tratado de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura de la FAO.

En el Capítulo 14 se analizarán los temas de gestión de activos intangibles relacionados con variedades e invenciones biotecnológicas, desde los requisitos administrativos para su solicitud y concesión, como un caso de estrategia de manejo de gestión desde una empresa semillera/biotecnológica que trabaja en cooperación con el Estado.

Finalmente, en el Capítulo 15, nos adentraremos en los grandes desafíos futuros: la inteligencia artificial y los modelos de innovación abierta aplicados al mejoramiento vegetal moderno y su relación con la propiedad intelectual.

7. Bibliografía

Ahmed, A. (2019). How we breed the best (and worst) apples, *Popular Science.* Publisher March 23, 2019.

Balter, M. (2005). The seeds of civilization. *Smithsonian Magazine*, May 2005. https://www.smithsonianmag.com/history/the-seeds-of-civilization-78015429/

Boserup, E. (1965) *The conditions of agricultural growth: the economics of agrarian change under population pressure*. London: Allen & Unwin. Reprinted as: Boserup, E. (2005) *The conditions of agricultural growth: the economics of agrarian change under population pressure*. New Brunswick, New Jersey.

Britney, A. (2007). Green Revolution. History and Overview of Green Revolution. https://sites.google.com/a/friscoisd.org/minettm/video-learning/greenrevolution-homework/Green %20Revolution %20Article %202.pdf

CIMMYT (2016). Desde el oriente hasta al sur de Asia, vía México: Cómo un gen cambió el curso de la historia. https://www.cimmyt.org/es/uncategorized/desde-el-oriente-hasta-al-sur-de-asia-como-un-gen-cambio-el-curso-de-la-historia/

Daccord, N., Celton, J. M., Linsmith, G. *et al.* (2017). High-quality de novo assembly of the apple genome and methylome dynamics of early fruit development. *Nat Genet* 49, 1099-1106. https://doi.org/10.1038/ng.3886

Ehrlich P. (1968). *The Population Bomb*. New York: Ballantine Books.

FAO (2022). *Transforming Food Systems: Pathways for Country-led Innovation.* White Paper, January 2022. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and World Economic Forum. https://www.weforum.org/whitepapers/transforming-food-systems-pathways-for-country-led-innovation

Fereres, E. (2010). Norman Borlaug, padre de la Revolución Verde. *CIC Network*. Cuadernos de Cultura Científica. https://culturacientifica.com/2013/10/12/norman-borlaug-padre-de-la-revolucion-verde-por-elias-fereres/

Gárgano, C. (2022). Los años sesenta: modernización y nuevos negocios. En: Gárgano, C., *El campo como alternativa infernal. Pasado y presente de una matriz productiva ¿sin escapatoria?* Ediciones Imago Mundi, Buenos Aires.

Malthus R. (1798). An Essay on the Principle of Population, as It Affects the Future Improvement of Society. With Remarks on the Speculations of Mr. Godwin, M. Condorcet, and Other Writers (Anónimo, London, 1798) 2a Edición. An Essay on the Principle of Population, or a View of Its Past and Present Effects on Human Happiness, with an Enquiry into Our Prospects Respecting the Future Removal or Mitigation of the Evils which It

Occasions (London, 1803) 3a Edición, firmada por T. R. Campi. 4a Edición (1807), reimpresa en dos volúmenes (1817); 5a Edición, con apéndices en tres volúmenes (1817).

Migicovsky, Z., Gardner, K. M., Richards, C., Chao, C. T., Schwaninger, H. R., Fazio, G., Zhong, G. Y. and Myles, S. (2021). Genomic consequences of apple improvement. *Horticulture Research*, Volume 8, 2021, 9, https://doi.org/10.1038/s41438-020-00441-7

Peil, A., Dunemann, F., Richter, K., Hoefer, M., Király, I., Flachowsky, H., and Hanke, M. V. (2008). *Resistance Breeding in Apple at Dresden-Pillnitz. Archived* at http://orgprints.org/13698/

Rapela, M. A. (2019). Post Malthusian dilemmas in Agriculture 4.0. En: Rapela, M. A., *Fostering Innovation for Agriculture 4.0 – A Comprehensive Plant Germplasm System,* (pp. 1-16), Springer Nature Switzerland.

Rapela, M. A. (2020a). Mejoramiento vegetal moderno, inteligencia artificial y derechos de propiedad intelectual. *Revista Jurídica Austral*, Vol. 1, N° 2, 839-866.

Rapela, M. A. (2020b). La interacción entre los derechos de propiedad intelectual y los procesos de innovación abierta aplicados en el mejoramiento vegetal moderno. *Revista Iberoamericana de Propiedad Intelectual*, N° 13, 9-33.

SSA (2022). How natural is our food, and what does "natural" mean anyway? Science for Sustainable Agriculture (SAA). Consumer research conducted by England Marketing Ltd, Commissioned by Science for Sustainable Agriculture. July 2022. www.scienceforssustainableagriculture.com

United Nations (2019). Department of Economic and Social Affairs, Population Division. *World Population Prospects 2019: Highlights.* ST/ESA/SER.A/423.

Whiting, K. (2022). *How inclusive innovation could transform food systems and help to end world hunger*. World Economic Forum, March 15, 2022. https://www.weforum.org/agenda/2022/03/food-systems-innovation-transformation/