



**EL POTENCIAL
DEL MEJORAMIENTO
VEGETAL
EN LA BÚSQUEDA
DE SUSTENTABILIDAD
Y SEGURIDAD
ALIMENTARIA**

OEI
Observatorio CTS

**PAPELES DEL OBSERVATORIO N° 19
ENERO DE 2021**

EL POTENCIAL DEL MEJORAMIENTO VEGETAL EN LA BÚSQUEDA DE SUSTENTABILIDAD Y SEGURIDAD ALIMENTARIA

Autoridades de la OEI

Secretario General
Mariano Jabonero

Directora de Educación Superior y Ciencia
Ana Capilla

Director de la Oficina en Argentina
Luis Scasso

Equipo de trabajo del Observatorio CTS

Coordinador
Mario Albornoz

Coordinador Adjunto
Rodolfo Barrere

Equipo Técnico
Manuel Crespo (Difusión del conocimiento)
Mariana Entrena (Asistencia a la coordinación)
Laura Osorio (Indicadores de educación superior)
Juan Pablo Sokil (Indicadores de capacidades científicas y tecnológicas)

Este informe ha sido elaborado por Ignacio Albornoz, experto en *AgTech*, emprendedor tecnológico y colaborador del Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (OCTS-OEI).

Papeles del Observatorio N° 19
Enero de 2021

ISSN: 2415-1785

Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (OCTS)
de la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI)

Imagen de portada obtenida de <https://www.chilebio.cl/>

Dirección: Paraguay 1510 (C1061ADB), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina.

Teléfonos (54-11) 4813-0033 / 4813-0034

Correo electrónico: observatoriocts@oei.org.ar

Facebook: Observatorio Iberoamericano CTS

Twitter: @ObservatorioCTS

Índice

Preámbulo	4
Introducción	6
1. El impacto del cambio climático y los cambios en la demanda sobre la agricultura y el fitomejoramiento	10
2. Las oportunidades para impulsar una agricultura sustentable y competitiva	15
Reflexiones finales	29
Bibliografía	32
Anexo	33

Preámbulo

El mejoramiento genético vegetal —o fitomejoramiento— es uno de los secretos mejor guardados de la agricultura de nuestro país. Su traducción como actividad económica organizada —es decir, la industria de la semilla— es uno de los vértices de la agricultura en tanto determina continuamente su potencial genético, genera capacidades de alto valor agregado y conforma un activo estratégico cuyos beneficios se expanden, aguas abajo, a todas las cadenas agroalimentarias.

Lejos de ser únicamente un insumo, la semilla podría considerarse como un bien de capital, en este caso bien de capital biológico, que acumula conocimiento, requiere de inversiones realizadas a través de mejoramiento genético y conforma una industria de base que es clave para la evolución de la agricultura como actividad, y aguas abajo, para la producción de alimentos, fibras y energía.

De acuerdo a las estadísticas, la población mundial continuará creciendo hasta alrededor de 9150 millones de personas para mediados de este siglo, un incremento de alrededor de 40% en relación a la actualidad.¹ Esta presión sobre la demanda de alimentos, productos y energía se ve potenciada por el crecimiento de nuevas clases medias que salen de la pobreza y la indigencia —especialmente en Asia y África, pero también en América Latina.

En ese contexto, Argentina tiene la posibilidad de consolidar un vector de desarrollo sustentable basado en algunos de sus activos de mayor potencial, entre los cuales se cuenta la presencia de un sector agroalimentario diverso y competitivo, combinado con la existencia de un sector semillero dinámico, relevante económicamente, que se apoya en un sistema científico-técnico de amplia tradición local, y una aceptada interacción público-privada.

La gran apuesta en esta dirección parece ser la integración dentro de la matriz productiva a una nueva versión de la agroindustria fuertemente centrada en las posibilidades que brindan las nuevas tecnologías disponibles, tanto de proceso como de producto, así como las nuevas formas de organización productiva y de prestación de servicios de alto valor agregado que hoy están revolucionando la agricultura.

En este escenario, el mejoramiento genético es clave como tecnología de producto base que contribuye a la sustentabilidad agrícola y a la seguridad alimentaria, porque permite adecuar a la agricultura a las necesidades cambiantes de cada ecosistema y del mercado, permite exponenciar la producción de alimentos y darle mayor precisión y valor agregado a todos los bienes que generan las distintas cadenas agroalimentarias. Significa “descommoditizar” la producción al mismo tiempo que proteger los ecosistemas en los que se produce.

Como se verá más adelante, el cambio climático y las nuevas demandas del mundo alimenticio y no alimenticio, en Argentina y en el mundo, traen aparejadas necesidades de adaptación permanente por parte de la agricultura. Para ello, poseer una industria focalizada en el fitomejoramiento es un activo crítico.

No obstante, para que pueda crecer más esta actividad en Argentina, se requiere de una serie de condiciones sistémicas: que existan buenas prácticas de proceso, que existan tecnologías

¹ FAO, 2018.

adecuadas disponibles, que existan capacidades científicas y profesionales que permitan lubricar y hacer crecer el sistema, y que se renueve el marco regulatorio y promocional para adaptarlo a las nuevas realidades.

Los nuevos bienes de capital biológicos están basados en mejoras genéticas aplicadas al mundo vegetal, animal, y en general a toda la microbiología del suelo y los posteriores usos de enzimas. La buena noticia es que, en este sendero, Argentina tiene desarrollos ya consolidados, y eso es lo que veremos en este documento: qué es lo que está cambiando, qué tenemos, qué potencial existe, y cómo podríamos hacer para mejorarlo.

Introducción

Una historia. Desde el inicio del cultivo de caña de azúcar en Argentina, los agricultores cañeros de Tucumán utilizaron como semilla la misma caña que enviaban al ingenio, sin tener en cuenta sus estándares de calidad. Si los cañaverales tenían alguna enfermedad, ella se difundía muy rápido, aumentando la incidencia en cada nuevo corte, afectando el rendimiento y el contenido de sacarosa del cultivo.

A la vez, la producción se fue concentrando en pocas variedades que llegaron a ocupar la gran mayoría de los cañaverales, dejándolos expuestos a que cualquier ataque de una plaga provoque pérdidas irreparables. El uso de caña semilla sin control de calidad favoreció la difusión de enfermedades sistémicas, como el mosaico o el carbón, que ocasionaron pérdidas significativas de productividad.

La enfermedad de caña de azúcar más importante propagada por semilla es el raquitismo de la caña o RSD. Esta es una enfermedad bacteriana muy importante, ya que ocasiona grandes pérdidas de rendimiento. Para solucionar este problema, en 2001 la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) inició el Proyecto Vitroplantas, cuyo objetivo fue desarrollar caña semilla de alta calidad correspondiente a las variedades usadas en la provincia destinada a la renovación de los cañaverales con genética certificada para disminuir la incidencia de esta enfermedad, así como de algunas otras.

Este programa se extendió con bastante éxito por 12 años, sustituyendo el tipo de caña semilla casi en su totalidad en la región y bajando la incidencia de la enfermedad del RSD. Además, contribuyó a desarrollar una red de semilleros que multiplican la caña semilla generada por la Estación Obispo Colombres. Este programa, junto a la implementación del Programa PROICSA en 2013, canalizada a través del Proyecto Vitroplantas, tuvo un impacto determinante en Tucumán y en todo el noreste argentino, beneficiando a 2700 pequeños productores cañeros agrupados en cooperativas.

Aun así, con todos estos activos generados, el dilema que sigue enfrentando hoy en día la EEAOC, así como otros obtentores de variedades vegetales, es que resulta imposible asegurar la adopción paga de las variedades que genera por parte de una gran proporción del mercado. Esto atenta contra los incentivos a la generación de nuevas variedades, limitando las posibilidades de los generadores de variedades (principalmente EEAOC, INTA, Chacra Santa Rosa) y una mayor inversión en mejoramiento.

Otra historia. En la última década y media, el equipo de investigación y desarrollo de la Cervecería y Maltería Quilmes empezó a notar que las condiciones agroclimáticas de la producción de cebada cervecera fluctuaban cada vez más dramáticamente de año a año, entre sequías y excesos de lluvia. En su chacra experimental de Tres Arroyos, Quilmes posee desde hace 45 años un programa de mejoramiento genético a través del cual invierte en el desarrollo de nuevas variedades de cebada que le permitan mejoras a nivel agronómico y a nivel de procesamiento industrial. Esto lo hace en colaboración con la comunidad de productores agropecuarios del sur de la Provincia de Buenos Aires que ya son proveedores de cebada de la maltería.

A partir de experimentar condiciones climáticas cada vez más inestables entre los ciclos anuales de siembra y cosecha, el grupo de trabajo comenzó a trabajar en alianza con la empresa alemana Ackermann, especialista en investigación aplicada de cebada, en el desarrollo de variedades que, manteniendo la productividad, pudieran ser más resistentes a sequía, utilizando menor cantidad de agua en la germinación y, más adelante, en el proceso industrial de malteado. Este proceso de mejoramiento lo llevaron adelante durante siete años, utilizando la tecnología de cruzamientos y selección de plantas de cebada con las características buscadas, hasta que llegaron a obtener dos nuevas variedades, que luego debieron ser registradas, lo que llevó unos años más.

En noviembre del 2019, Quilmes presentó públicamente las dos nuevas variedades de cebada cervecera. Entre otras características, estas requieren menor cantidad de agua en el proceso de malteado y, por consiguiente, menor consumo de energía durante el secado de la malta. Utilizando estas variedades, la cervecera logró reducir sus costos y reducir la huella hídrica y la huella de carbono, dos objetivos clave directamente asociados a la sustentabilidad ecológica.

Estos dos casos son claros ejemplos del mejoramiento de cultivos por medio del uso de diferentes herramientas que ponen en evidencia el poder que tiene la innovación para proveer de sustentabilidad y de competitividad a la producción agroindustrial. Adaptar el insumo más importante de la producción de agroalimentos para hacerlo más productivo, más adecuado a diferentes condiciones de producción y, al mismo tiempo, más flexible a las necesidades y demandas específicas de la producción industrial de alimentos, requiere de conocimiento científico y trabajo constante de muchos años.

Se sabe que la población mundial continuará creciendo hasta alrededor de 9150 millones de personas para mediados de este siglo, un incremento de alrededor de 40% en relación a la actualidad.² Esta presión sobre la demanda de alimentos, productos y energía se verá potenciada adicionalmente por el crecimiento de nuevas clases medias saliendo de la pobreza e indigencia —especialmente en Asia y África, pero también en América Latina—, con mayor poder adquisitivo y estándares de vida más altos que hoy, las que impulsarán aún más el consumo de alimentos, en combinación con una sostenida demanda de clases bajas que pugnan por el mero acceso a los mismos y que conforman una demanda canalizada a través de compras públicas, organismos internacionales y organizaciones del tercer sector.

Esto ya no es un relato del futuro, está ocurriendo hoy mismo y presionando sobre la producción. El desafío es abastecer a esta demanda con la misma superficie cultivable que tenemos hoy, cuidando además de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y la desertificación de suelos, adaptando la producción a la diversidad de agroecosistemas y a los impactos regionales del cambio climático, y todo ello manteniendo a nuestra producción agroindustrial en una posición competitiva dentro del mercado mundial, para que pueda seguir creciendo.

Aquí surge con fuerza la importancia estratégica de los avances científicos y tecnológicos aplicados a una agricultura que, de la mano de las buenas prácticas agrícolas, sea capaz de cumplir con todos esos imperativos. Para abordar estos desafíos, resulta fundamental la introducción de semillas mejoradas y el fitomejoramiento desempeña un papel fundamental

² FAO, 2018.

en este sentido. Se considera que el mejoramiento de variedades —es decir, la presencia de una genética adecuada— contribuye al 50% o más del incremento total del rendimiento (el resto ocurre en gran parte debido a las buenas prácticas agrícolas, la tecnología de manejo productivo en general y otros aspectos). Las continuas inversiones en mejoramiento de variedades vegetales no solo son necesarias para aumentar la productividad, sino también para mantenerla.

Tomemos en cuenta una verdad ya conocida: actualmente, la superficie de tierra destinada a la agricultura representa alrededor del 37,5% del área terrestre mundial, prácticamente la misma que a fines de la década de los 70. No obstante, nuestro planeta ahora hospeda a 3000 millones de personas más que en los 70, al mismo tiempo que el consumo de calorías promedio aumentó y la privación de alimentos disminuyó. De hecho, solamente en las últimas dos décadas, el número de personas que padecen hambre se redujo a la mitad. Todo esto se logró en gran parte gracias al mejoramiento vegetal y las buenas prácticas de manejo, que aumentaron de forma sustantiva la productividad.

El mejoramiento genético de plantas aparece entonces como la base fundamental de una cadena y de un modelo de producción que requiere de la aplicación intensiva del conocimiento sobre los recursos naturales, sobre los procesos y prácticas de producción agropecuaria y sobre la industrialización, para poder generar masivamente productos versátiles y responsables, bajo una producción sustentable y de menor impacto en el ambiente.

Situado en ese vértice, el trabajo de mejoramiento vegetal posee cuatro características que son clave a la hora de evaluar su relevancia estratégica:

- a) involucra el uso de una caja con diferentes herramientas, que con el tiempo son cada vez más precisas y mejores, y que están íntimamente ligadas al desarrollo científico y tecnológico,
- b) cada desarrollo toma siempre varios años desde que comienza hasta que sale a la luz (alrededor de una década en promedio), porque está limitado en su velocidad por los ciclos biológicos de las plantas y por las herramientas tecnológicas disponibles;
- c) estos desarrollos requieren de mucho trabajo combinado y colaborativo entre empresas, instituciones de investigación, sector productivo y el Estado en diferentes niveles, a veces como regulador, a veces como coprotagonista de los desarrollos, a veces como usuario y a veces como una combinación de todos esos roles;
- d) para financiar este ciclo virtuoso y que exista en la oferta de tecnología un incentivo para continuar investigando y desarrollando, es fundamental la implementación de un mecanismo que sea inclusivo y al mismo tiempo cumpla en colocar dentro del mismo marco a todos los participantes del sistema, entre obtentores, productores y la cadena de valor en su conjunto. Es clave homogeneizar el potencial de la industria entre regiones y sectores agropecuarios a los que atiende, así como balancear los sistemas de remuneración a la innovación que genera el mejoramiento vegetal, a través del pago del derecho de obtentor y las regalías con las que se sostiene todo este trabajo, en un marco integrado, como ocurre en otros países de América Latina y del mundo.

Para quienes forman parte de esta actividad o de su ecosistema, estas cuatro características comentadas arriba implican la necesidad de entender varios aspectos del entorno:

- conocer bien hacia dónde va la producción mundial de alimentos, cuáles son las demandas y requerimientos de los consumidores, traducidas luego por la industria de alimentos y bebidas y por otras industrias basadas en recursos agropecuarios;
- conocer y adelantarse a las necesidades de los productores agropecuarios y, en particular, a los crecientes requerimientos de sustentabilidad y mitigación del impacto ambiental que el mundo está poniendo en práctica;
- gozar de una cierta condición de equidad en el mercado de semillas, de manera que los centros de investigación y desarrollo en todo el país puedan recibir los frutos económicos de 10 a 15 años de investigación, ensayos y pruebas.

Además, aparecen nuevas oportunidades en el desarrollo de tecnologías que forman parte de la "caja" de herramientas, que abren una nueva ventana de oportunidad para optimizar el conocimiento acumulado y potenciar el sistema agroproductivo. A continuación, veremos de qué se tratan esas oportunidades, y cómo abordarlas.

1. El impacto del cambio climático y los cambios en la demanda sobre la agricultura y el fitomejoramiento

En todo el mundo están ocurriendo cambios provenientes de diferentes direcciones que impactan en nuestra producción agroindustrial, a la manera del “efecto mariposa”: el aleteo de una mariposa en Chicago puede desatar una tormenta en Rosario. Además, el cambio climático ya ha sido ampliamente reconocido por la comunidad política y social mundial, y fruto de esto se firmó el Acuerdo de París, así como la Organización de las Naciones Unidas en 2015 estableció una serie de objetivos de desarrollo sostenible para guiar sus esfuerzos, entre los cuales el cambio climático es uno de ellos.³

Con la aceleración de la globalización, tales efectos ocurren cada vez más rápido. Pero en la producción de alimentos y, en relación al medioambiente, estos cambios ocurren más lentamente, dado que hay un ciclo biológico asociado al tiempo de crecimiento de las plantas, el cuidado, la cosecha, que tiene su ritmo y apacigua el ritmo de los cambios, y ese quizás sea uno de los aspectos que nos dan oportunidad de adaptarnos y encontrar oportunidades para nuestro país en esta nueva ventana de oportunidad.

Hay dos factores que están moldeando de manera sustantiva las decisiones tanto de consumidores como de empresas semilleras, de fabricantes de alimentos y también de los Estados: los cambios en la demanda de alimentación y los efectos del cambio climático. Se suma a estos dos un tercer tipo de demandas no alimenticias que también tiene y tendrá un impacto en la medida en que conviven y por momentos compiten con la demanda de alimentos.

1.1. Cambios en la demanda de alimentos

En los últimos cinco años se observan, a nivel mundial, varias tendencias a nivel de consumo de alimentos que tienen efectos claros aguas arriba de las cadenas de valor agroalimentarias. Si bien los límites no son exactos y hay superposiciones entre estas tendencias, el propósito es esquematizar una clasificación para hacerlas comprensibles.

1.1.1. Trazabilidad, calidad y seguridad de los alimentos

- a) Una parte sustantiva y cada vez mayor de consumidores quiere saber y entender qué ingredientes están dentro de los productos que compran, se fija en las etiquetas, busca sellos de certificaciones, quiere ver el producto a través del embalaje. Los consumidores están buscando garantías de calidad, inocuidad y responsabilidad por parte de las empresas de alimentos. Esto supone encontrar formas de identificación y reconocimiento de los orígenes genéticos de algunos alimentos a lo largo de su cadena de valor, y contribuir a la trazabilidad y a las garantías de seguridad.

³ Estos objetivos definidos son: 1- Fin de la Pobreza, 2- Hambre Cero, 3- Salud y Bienestar, 4- Educación de Calidad, 5- Igualdad de Género, 6- Agua limpia y saneamiento, 7- Energía asequible y no contaminante, 8- Trabajo decente y crecimiento económico, 9- Industria, innovación e Infraestructura, 10- Reducción de las desigualdades, 11- Ciudades y comunidades sostenibles, 12- Producción y Consumo responsables, 13- Acción por el clima, 14- Vida submarina, 16- Vida de ecosistemas terrestres, 17- Paz, Justicia e Instituciones sólidas, 18- Alianzas para lograr los objetivos.

- b) Hay mayores requerimientos de calidad, no solamente en relación con la cuestión de la sanidad, que exige nuevas garantías de inocuidad y cumplimiento de normas sanitarias y nuevas tecnologías de preservación de alimentos una vez embalados, sino también calidad de los alimentos: i) en relación con la simplicidad y pureza de los productos en el sentido de que se consuman menos procesados; ii) en relación con la composición mejorada de sus atributos nutricionales positivos, por ejemplo: las mejoras en calidad de aceites (girasol alto oleico, por dar un caso) y mejoras en el perfil de nutrientes en general como más licopeno en tomate, más caroteno en zanahoria; y iii) en relación a ciertas especificaciones de consumo asociadas al aspecto físico o a la conveniencia de consumo, como por ejemplo la mandarina sin semillas o colores más vivos en la fruta en general.

1.1.2. Salud y bienestar

- a) En países con niveles de pobreza considerables existe una demanda de compras públicas de alimentos para distribuir en comedores, o incluso dentro del mercado de consumo comercial, segmentos de bajo poder adquisitivo, donde las necesidades de reforzar ciertos nutrientes u otras características específicas son muy altas. En ciertos sectores sociales, la pobreza se traduce en deficiencias alimenticias; por ejemplo, la falta de hierro, falta de ciertas vitaminas, el exceso de grasas y carbohidratos.
- b) En las clases medias a nivel mundial, existe una consolidación de un segmento de comida saludable, con un rango que va desde dietas basadas en equilibrio entre proteínas animales y vegetales, hasta el vegetarianismo. Los consumidores están volviéndose más educados acerca de los beneficios de alternativas de productos más saludables que algunos tradicionales. Esta tendencia combina preferencias de sabor y la percepción de comida saludable que tiene lo vegetal, lo que deriva en dietas más equilibradas y con mayor presencia de vegetales y frutas.
- c) Se observa un crecimiento en el consumo y la aparición de alimentos funcionales probióticos, nutracéuticos, productos basados en compuestos nutricionales optimizados para ciertos usos, así como la incorporación de derivados del *cannabis* con usos de bienestar (CBD). Este tipo de ítems ya no está restringido a dietéticas o comercios de ese tipo, sino que constituye secciones enteras de grandes supermercados y farmacias.
- d) Adicionalmente, en un extremo del mercado existen productos libres de proteína animal, desarrollados como producto de preocupaciones en relación al bienestar animal de la ganadería actual, y esto ha creado productos sustitutos para ítems tradicionalmente basados en carnes y en lácteos, como para productos que utilizan de manera marginal ciertos derivados de la proteína animal, como la gelatina o la grasa, sustituyéndolos principalmente por vegetales.

Como respuesta a estos cambios en la demanda alimenticia, los distribuidores y comercios minoristas están recurriendo parcialmente a nuevos proveedores: empresas más chicas e innovadoras en productos de consumo masivo, nuevos conceptos, nuevas formulaciones y nuevas formas de presentación. Asimismo, las empresas más grandes y tradicionales de alimentos, ya establecidas en los últimos cien años, están recreando productos ya consolidados y populares en versiones alternativas sin azúcar, sin grasas saturadas, sin colorantes, orgánicas o con menos conservantes.

Estos movimientos en las tendencias de consumo y en las cadenas de suministro de alimentos ponen en evidencia cambios que van afectando directa o indirectamente, por distintos canales, el tipo de insumo que se busca en la producción agropecuaria. Por ejemplo, la percepción de que la composición específica de ciertos alimentos (presencia de proteína, presencia de cierto tipo de azúcares, velocidad de maduración, presencia de minerales como el hierro) es positiva o negativa para la salud, hace que la industria traduzca estas demandas como requerimientos de transformación industrial o bien de sus insumos.

Asimismo, algunos factores de conveniencia en el consumo en frutas y verduras (morfología de la cáscara, vivacidad del color, presencia de semillas, necesidad de duración en la góndola) genera requerimientos que a veces se resuelven en el embalaje (por ejemplo, usando atmósfera controlada) o en el proceso industrial (por ejemplo, adición de hierro), y a veces se resuelven desde la originación en el sector agrícola. Es decir, algunos de estos aspectos operan indirectamente como factores de contexto bajo el cual cambian ciertas prioridades y principios de preferencias a los que estar atentos, y otros aspectos operan directamente al traccionar requerimientos específicos sobre la originación de insumos agrícolas.

1.2. Cambio climático y sustentabilidad

- a. El cambio climático, como proceso de aumento crónico de la temperatura global por efecto de las emisiones de gases de efecto invernadero por encima de la captura de carbono, ha venido y continuará afectando los patrones de comportamiento climático, generando más inestabilidad en cada punto del planeta y haciendo más extremos los fenómenos como sequías, heladas y lluvias. El cambio climático afecta la capacidad productiva de los cultivos en todas sus etapas: germinación e implantación, crecimiento y fructificación, ya que estos son fuertemente dependientes del entorno, principalmente a través de los cambios de temperatura y la disponibilidad de agua en el suelo.⁴
- b. Por otra parte, la huella ambiental de la agricultura, por efecto de distintos factores asociados a las prácticas agrícolas en la aplicación de semillas, rotaciones de cultivos y tratamiento de los suelos, impacta en la ecología de los ambientes productivos, en su capacidad de producir en escala y en la calidad de los productos de la agricultura. En ese sentido, las prácticas agrícolas conservacionistas juegan un rol cada vez más importante en una agricultura sustentable y el uso de semillas adecuadas para cada tipo de condición agroecológica, o adaptadas a ciertas condiciones específicas, se vuelve fundamental.
- c. Adicionalmente, la agricultura comienza a ser juzgada por el papel que cumple en relación a la disminución de las emisiones neta que genera —cuánto carbono emite a la atmósfera asociado a gases de efecto invernadero (GEI), y cuánto captura—, y en el consumo de usos escasos y estratégicos como el agua. Existe un rol en la industria de semillas en generar variedades que permitan contribuir a reducir esa huella, capturar más carbono y optimizar los recursos disponibles.

1.3. Emergencia de nuevas demandas no alimenticias como procesos continuos

Desde hace ya varios años existe una intersección entre la demanda de materias primas para alimentos y la demanda de biomasa, entendida como las propias materias primas agrícolas y sus residuos como insumos para generar energía —o, como se la conoce, bioenergía— en

⁴ Alae-Carew *et al.*, 2020.

cualquiera de sus variantes: bioetanol, biodiesel, energía térmica y biogás, a partir de la difusión del uso de la producción agrícola y de sus subproductos como insumos para la fabricación de biocombustibles y otras formas más directas de energía.

Este segmento de demanda ha crecido consistentemente, ocupando hoy en día a nivel mundial un tercio del consumo de la biomasa total (considerando agricultura y forestación) y tiene sus propios requerimientos: el uso de fibras y otros subproductos “pelletizados” como fuente de energía térmica; el uso de los desechos de algunos granos para la fermentación como biogás; la conversión directa de maíz, caña de azúcar, remolacha y otras fuentes de azúcares para la producción de bioetanol, y de soja, girasol y colza, entre otros, para biodiesel. Estas nuevas demandas traccionan mejoras en los cultivos en la medida en que estos pueden “rediseñarse” para rendir mejor en este escenario de usos. Y actualmente el desarrollo del mejoramiento vegetal para este uso está en los inicios respecto a su potencial. Adicionalmente, el destino de subproductos agrícolas o descartes de procesos postcosecha para usos energéticos tiene el incentivo adicional de que cierra el círculo de la producción con un reaprovechamiento de los residuos para reducir emisiones y eliminan parcial o totalmente la contaminación orgánica del aire o de los suelos. Esto es lo que se conoce como la circularidad de la economía sustentable.

Otro de los usos alternativos al sector alimenticio de la producción vegetal, más de carácter potencial en este caso, provendrá de la generación de enzimas industriales, el reemplazo de insumos para ciertas industrias y la generación de insumos para nuevos materiales: bioplásticos, biotextiles, biofilamentos para manufactura aditiva (conocida como impresión 3D), biopolímeros para usos industriales sustentables, e incluso cosmética. Estos insumos vienen a sustituir un conjunto de productos generalmente derivados de la industria petroquímica, materiales sintéticos o de origen animal y vegetal, pero con mucha intervención de la industria química en su procesamiento. Estas demandas, proyectadas para crecer durante el curso de los próximos diez a veinte años, traccionarán requerimientos en el mejoramiento genético de plantas, si bien hoy no representan una demanda relevante y se encuentran principalmente en etapa de investigación.⁵

1.4. El impacto en el mejoramiento vegetal

Todas estas demandas comentadas plantean diferentes impactos presentes y futuros sobre la forma en que la agricultura y el mundo forestal producen materias primas actualmente, que son determinantes para mantenerse en carrera y generar derrames positivos para el conjunto de la sociedad. Estos impactos son de diferentes órdenes porque operan no solamente sobre las tecnologías de proceso —las prácticas agrícolas, los equipamientos de labores, la comercialización postcosecha—, sino también sobre las tecnologías de insumo: por ejemplo, modificando la combinación de semillas y agroquímicos requeridos para diferentes situaciones, así como reorientando los esfuerzos de desarrollo en el área de mejoramiento vegetal hacia determinados objetivos o requerimientos de ciertos segmentos de mercado.

En particular, en lo que se refiere a mejoramiento, podemos dividir estos impactos en algunas áreas:

⁵ Van Beilen and Poirier, 2008; Mortimer, 2019; Snell *et al.*, 2015; Lu *et al.*, 2020; Dobrogojski *et al.*, 2018; Pancaldi *et al.*, 2020; Chui *et al.*, 2020; Popp *et al.*, 2021.

- Mayor contenido de componentes valorizados nutricionalmente como proteínas, contenido oleico, mejores tipos de grasas. Estos son aprovechados por la industria alimentaria o directamente por el consumidor, dependiendo del producto que se trate.
- Mayor adaptabilidad de la planta en su ciclo de vida a escenarios diferentes de clima y suelos (salinidad, disponibilidad de agua, estructuras de suelo), o bien a fenómenos climáticos extremos como sequías, inundaciones, heladas.
- El desarrollo de variedades con menor impacto en la emisión de gases de efecto invernadero es uno de los vehículos principales para el mejoramiento vegetal.⁶ El desarrollo de variedades con esas características, y que en paralelo puedan reducir el uso de ciertos recursos clave sin perder productividad, es estratégico en este sentido.
- Mayor segmentación y modificación de variedades de frutas, verduras o granos de acuerdo a estratos de mercado en el final de la cadena de valor de alimentos. Por ejemplo: eliminación o disminución de factores antinutricionales, toxinas o alérgenos, aumento de factores promotores de la salud, modificación de la proporción de nutrientes, modificación del aspecto, el sabor o la morfología.
- Mayor resistencia de la planta a agentes patógenos en general y a herbicidas, para facilitar el control de malezas.
- Mayor rendimiento *per se* o combinado con otros rasgos como mejoras agronómicas y de calidad.
- Desarrollo de perfiles específicos de plantas que son insumo de procesos bioindustriales o bioenergéticos, facilitando alguna parte del proceso o maximizando alguna sustancia generada por las plantas. Dos ejemplos: variedades de oleaginosas modificadas en su composición de ácidos grasos para la producción de biodiesel, y fibras celulósicas derivadas de variedades mejoradas de árboles con menor contenido de lignina para la producción industrial.

Como se puede observar, el impacto del mejoramiento es enorme en todos los aspectos de la producción y la poscosecha de plantas, en múltiples sentidos y cadenas de valor. La tarea de mejoramiento vegetal es tan fundamental para la agricultura y para las industrias que compran los productos de la agricultura que se vuelve un atributo indispensable para promover la sustentabilidad de la agricultura a la que sirve y la del medioambiente en el que ocurre, y es, además, una clave para que el sistema se mantenga competitivo en una variedad muy grande de actividades industriales y de consumo.

⁶ Tres ejemplos: mejoramiento de variedades para optimizar el secuestro de carbono en plantas de diverso tipo; mejoramiento de variedades para hacer más eficiente el uso del nitrógeno y por tanto reducir la necesidad de fertilizantes y, por consiguiente, la emisión de N₂O; mejoramiento de variedades forrajeras para disminuir la metanogénesis en el rumen de animales de ganadería y así reducir la producción entérica de metano.

2. Las oportunidades para impulsar una agricultura sustentable y competitiva

2.1. La potencialidad y los avances en Argentina

Los cambios y las tendencias globales manifestados representan una gran oportunidad de generar riqueza, exportaciones y trabajo de calidad para la Argentina, en la medida en que la respuesta a estos desafíos requiere de recursos estratégicos con los que nuestro país cuenta y de soluciones tecnológicas que ya se están generando en múltiples cultivos y regiones y que, por tanto, se pueden potenciar con relativa facilidad si se realiza una apuesta fuerte en este sentido.

La Argentina cuenta no solo con una rica diversidad de cadenas agroalimentarias distribuidas por todo el país, que además producen en gran volumen —algunos la llaman cuenca fotosintética—, sino que posee una serie de capacidades locales de conocimiento y tecnologías ya desarrollados y en crecimiento en cada zona de referencia, que hace que estas actividades se mantengan competitivas y puedan generar trabajo de calidad.

Desde la uva y los frutales de carozo en Cuyo, pasando por la caña de azúcar en el Noroeste, las legumbres en Córdoba, Buenos Aires y Salta, hasta los cítricos en la Mesopotamia, el algodón en Chaco, Santiago del Estero y norte de Santa Fe, la cebada en el sur de Buenos Aires y las manzanas en el Alto Valle de Río Negro —por mencionar algunos ejemplos—, todos estos cultivos se sostienen en parte gracias al trabajo colaborativo del sector público y el sector privado en la ardua tarea de fitomejoramiento vegetal, que forma parte de una cadena de valor clave alrededor de la producción semillera, y que es un activo estratégico para poder adaptar los cultivos agrícolas a las exigencias que el ecosistema y el mercado mundial va planteando.

Estructura de la cadena de valor de la industria de semilla



Fuente: ASA (2020)

Dentro de la cadena de valor de la industria de semilla, hoy existe una masa crítica de instituciones públicas y privadas que cuentan con extensos programas de mejoramiento, en donde científicos, técnicos y operarios trabajan en distintos puntos del país, en diferentes cultivos, desde hace muchos años. Existe una gran base de conocimiento científico acumulado en estos centros, universidades y empresas, capacidades para aplicar técnicas innovadoras de mejoramiento, bancos de germoplasma. También existen relaciones de colaboración público-privada sobre las cuales construir y capitalizar una apuesta aún mayor a la innovación y al crecimiento de este sector.

Cada proyecto de mejoramiento genético vegetal, independientemente de la tecnología específica que se utilice dentro de la caja de herramientas disponibles, requiere de científicos, tecnólogos, mano de obra especializada para poder llevar a cabo los ensayos y operarios especializados para la polinización manual. Ocurren tanto en invernaderos cerrados como a campo abierto: en resumen, emplea una multiplicidad de actores con diversos roles, niveles de formación y de especialización, así como de empresas e instituciones de soporte.

Box: breve historia del fitomejoramiento



Fuente: ASA, 2020

Hay un capital muy valioso creado alrededor de la actividad de fitomejoramiento, que es un activo fundamental como factor de innovación. Y Argentina cuenta con un sistema científico, de universidades y de empresas con tradiciones en fitomejoramiento, y redes de colaboración creadas y funcionando, conocimiento acumulado, que representa una ventaja competitiva clave, tanto para crecer y aprovechar las oportunidades que se presentan en el mundo, como para mantener nuestro sistema agrícola competitivo, en un mundo cada vez más exigente y abierto.

Pero, al referirnos a la oportunidad, no solamente estamos hablando de producir semillas para agroalimentos, que ya de por sí es un océano de posibilidades. La Argentina produce, gracias a su tradición y su comunidad de científicos y técnicos dedicados al mejoramiento vegetal, así como gracias a la aplicación de técnicas de biotecnología moderna, insumos cruciales para diferentes industrias, no solo alimentarias sino también industriales, que son de alto valor agregado, en muchos casos son exportables, y al mismo tiempo contribuyen al sector agroalimentario argentino a producir más eficientemente sus alimentos.

Un ejemplo incipiente de esto es un desarrollo presentado en 2011 por el Instituto de Biotecnología del INTA Castelar (Buenos Aires) obtuvo plantas de papa modificadas que pueden ser utilizadas como vacunas orales para combatir el virus de la enfermedad de Newcastle (NDV), la cual afecta a la producción avícola y produce grandes pérdidas económicas. Más allá del grado de avance de estas experiencias, que pueden fructificar o no por otras razones derivadas de complejidades asociadas a la regulación o la comercialización, en términos técnicos y de atender a necesidades específicas, el camino es claro.

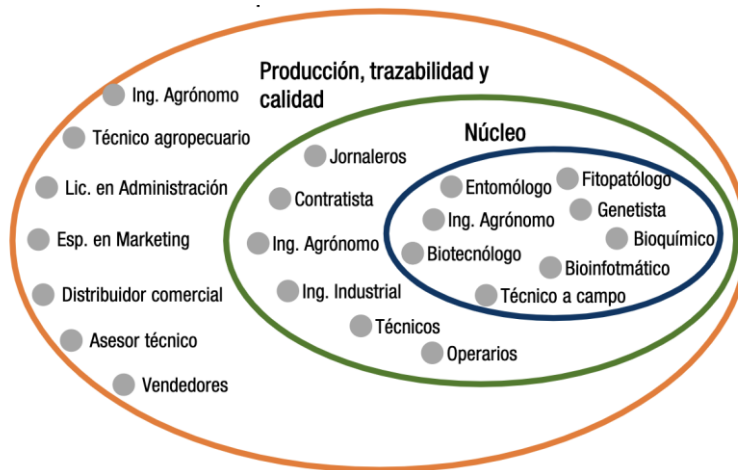
2.2. El mapa del mejoramiento vegetal en Argentina

Hablar de mejoramiento es hablar de semillas. Pero no únicamente ni principalmente de semillas de cultivos extensivos. La Argentina produce a nivel federal una enorme variedad de productos agroalimentarios y agroindustriales que se consumen en el país y también se exportan, y generan valor agregado y empleo tanto en su fase primaria, como en su fase industrial y en su fase de producción de semillas.

En Argentina existen alrededor de 2600 empresas en la actividad de mejoramiento vegetal y producción de semillas. Estamos hablando de 340 obtentores de variedades, 900 multiplicadores de semillas, 700 comercializadores y más de 100 laboratorios y centros de investigación. Todos estos actores emplean cerca de 120.000 personas: 8000 en forma directa, 6000 en actividades externas como mantenimiento y supervisión, unas 13.000 temporarias en épocas de actividad intensiva como siembra, despanojado y cosecha, y más de 3000 profesionales con carrera de grado y posgrado. Por último, hay unas 90.000 personas empleadas directa e indirectamente en las empresas que distribuyen y comercializan semillas. Solo para dimensionar el tamaño, el complejo automotriz argentino completo, con su red de terminales y proveedores autopartistas, emplea a unas 90.000 personas de forma directa y 150.000 personas indirectamente, con una facturación global de alrededor de 7000 millones de dólares.

En el esquema de abajo puede observarse la cantidad de roles y especialidades que participan, con niveles de centralidad diferente, de un proyecto de este tipo, para la obtención de una nueva variedad:

Roles y especialidades en la obtención de nuevas variedades



Fuente: UBATEC, 2019

Por su parte, la producción anual de semillas se estima en 990.000 toneladas, lo que se corresponde con un valor de mercado de cerca de 1000 millones de dólares (equivalente a aproximadamente el 0,2% del PBI), solo considerando la semilla certificada.⁷ Algunas estimaciones completan el número del mercado real en 1500 millones de dólares de facturación si se agregan las semillas no certificadas y otros productos y servicios adyacentes: productos para el tratamiento de semillas.

Los números globales, en el caso del sector de mejoramiento y semillas, tienen un sesgo claro hacia los cultivos extensivos (maíz, soja, trigo, girasol), pero una porción cada vez más relevante corresponde al conjunto de otros cultivos industriales y cadenas agroalimentarias, que poseen un gran potencial y que en varios casos son netamente exportadores —como el maní y sus derivados— y que están más distribuidos en el territorio argentino. Sobre ellos nos interesa centrarnos, y proveer una visión completa y balanceada del potencial del sector.

A continuación, resumimos los principales tipos de cultivos que poseen programas de fitomejoramiento.

- Granos y cereales extensivos: Soja, Maíz, Trigo, Girasol, Sorgo (Región Pampeana y NOA-NEA)
- Vid (Cuyo, NOA)
- Frutales (Cuyo, Alto Valle de Río Negro, Mesopotamia, Provincia de Buenos Aires)
- Arroz (Mesopotamia)
- Caña de Azúcar (Tucumán, Salta, Jujuy)
- Maní (Córdoba)
- Algodón (Chaco, Santiago del Estero, Formosa)
- Hortalizas (diversas provincias)
- Legumbres: porotos, garbanzo y arvejas (NEA-NOA, Buenos Aires, Córdoba)

⁷ Semilla certificada es aquella que ha cumplido el proceso de control oficial de INASE y lleva el rótulo que la identifica como tal.

- Forrajeras (todo el país)
- Especies Forestales (NEA, NOA, Mesopotamia)

Este conjunto de agriculturas regionales representa la mayor parte de la producción argentina y posee diferentes tipos de posicionamientos en sus respectivas cadenas agroalimentarias a las que pertenecen. En términos generales, las especies más extensivas (cereales y granos, caña de azúcar, arroz, algodón, forestal) se encuentran más "aguas arriba" en sus respectivas cadenas de valor, y son la materia prima de una diversidad de usos en los cuales son apenas un insumo relevante, entre otros, de procesos de fuerte transformación (harinas, jarabes, expellers, textiles, etc.). En cambio, los cultivos más intensivos forman parte más protagónica del producto final (uvas y otros frutales, cítricos, hortalizas, legumbres, maní) y poseen menos transformaciones en el medio.

De esta forma, las oportunidades de aportar valor a sus cadenas "aguas abajo" toman formas diferentes en cada caso, lo que impacta en las prioridades de mejoramiento y, por tanto, de desarrollo de nuevas variedades. Por citar un ejemplo: el impacto de la obtención de variedades de cítricos dulces para que no tengan semilla, en la medida en que el consumidor final prefiere que no tengan, tiene un impacto decisivo en la valorización global de esa cadena. En cambio, la obtención de una variedad de cítrico resistente a alguna plaga tiene un impacto centrado en los costos de producción primarios y, de manera tangencial, puede también construir valor "aguas abajo" alrededor de la reducción en la necesidad de uso de algún tipo de plaguicida.

Todos los esfuerzos realizados para mantener a estas agriculturas competitivas y sustentables se anclan en un conjunto de centros de investigación e instituciones públicas y privadas, y empresas y recursos humanos que tienen tradiciones construidas y arraigadas en distintos puntos del país.

A continuación, vamos a comentar algunos casos significativos de mejoramiento en distintas cadenas de valor relevantes para nuestro país, ordenándolos por tipo de cultivo.

2.2.1. Caña de azúcar: Chacra Santa Rosa y EEAOC

El sector de la caña de azúcar cuenta con dos casos relevantes de desarrollos y tradición en mejoramiento genético vegetal que son clave para el sector: la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes (EEAOC) y la Chacra Santa Rosa.

La EEAOC es un emblema histórico de la investigación y desarrollo aplicado a un cultivo regional y se trata de un caso de éxito que sobrepasa los límites de la caña de azúcar y se posiciona como un caso muy relevante también para otros cultivos como el limón y las legumbres. Por su parte, con más de 60 años de existencia, la Chacra Experimental Agrícola Santa Rosa es el primer y único instituto privado de mejoramiento de caña de azúcar en la Argentina. Lleva adelante su propio programa de mejoramiento genético de caña de azúcar, posee un banco de germoplasma con más de 1200 variedades de caña de azúcar de diferentes orígenes y cuenta con un laboratorio de biotecnología como parte de su programa de investigación.

Las variedades vegetales que se conservan en los bancos de germoplasma —reservorios de genética vegetal para uso científico— se usan para realizar cruzamientos. En el laboratorio se realiza una técnica conocida como micropropagación, que sirve para multiplicar asexualmente las variedades más promisorias y, de esta forma, obtener velozmente plantines libres de enfermedades. Liderada por Germán Serino, en Santa Rosa el trabajo de fitomejoramiento se aboca a satisfacer las necesidades productivas de un conjunto de ingenios azucareros que la apadrinan.

La Chacra tiene 17 variedades comerciales de caña de azúcar inscriptas en el Registro Nacional de Cultivares del INASE. Cuatro de ellas están sujetas a derechos de obtentor (están inscriptas en el Registro Nacional de Propiedad de Cultivares). Este monto es relevante si se tiene en cuenta que, en promedio, se tarda entre 10 y 14 años desde los cruzamientos iniciales en invernadero hasta la obtención de una variedad comercial. La Chacra, desde su perspectiva de centro privado, no escapa a los problemas a los que se enfrenta la EEAOC con respecto a su capacidad de financiar sus proyectos en base a las regalías y derechos de obtentor, con el agregado de que debe sostenerse con financiadores privados. A esto se agrega la complejidad de que, por el tipo de mejoramiento que realizan, los proyectos son de muy largo alcance en el tiempo.

2.2.2. Uva de mesa

El Caso INTA Mendoza

Desde 1995, el INTA EEA Mendoza posee un programa de mejoramiento genético de la uva de mesa, a través del cual busca adaptar las variedades de vid a distintos condicionantes agronómicos y de consumo, tratándose de un producto de uso directo por el consumidor. En esa línea, la red de equipos dirigidos por Silvia Ulanovsky ha venido trabajando con técnicas de cruzamiento convencional para identificar y desarrollar, dentro de las variedades de uvas para consumo fresco presentes en Argentina, aquellas cepas que producen rudimentos blandos, poco o nada perceptibles, en lugar de semillas normales y duras, a efectos de ser más apetecibles para el consumidor, y otras virtudes agronómicas (mayor fertilidad en su polen, por ende, mayor rendimiento), de poscosecha (mejor tolerancia al frío para el almacenaje) y color, también asociadas a su atractividad como producto.

Es así que, en 2017, luego de más de 15 años de trabajo, el INTA EEA Mendoza registró en el Registro Nacional de Cultivares cuatro variedades de uvas que no poseen semillas y tienen mayor tamaño. Luego en 2019 agregaron cinco registros más. La obtención de una variedad de uva, con los elementos actuales, constituye un proceso que insume un tiempo mínimo de quince años, así como cuantiosos recursos humanos para el trabajo desarrollado en laboratorios, invernáculos y a campo. El desarrollo de estas variedades es fundamental para mantener la competitividad del sector de uva de mesa frente a la competencia internacional, y por ende la constancia en el trabajo de grupos de investigación aplicada a lo largo del tiempo es clave para hacer realidad esas inversiones.

El caso de la uva Malbec

El mejoramiento en uvas viníferas tiene sus peculiaridades. La vid es una planta perenne que puede llegar a vivir más de 50 años. Esta longevidad hace que producir mejores uvas mediante polinización dirigida de las flores (cruzamientos y selección) sea un proceso muy lento. Por ello se recurre a la técnica de clonación. En la práctica, de los viñedos, se

seleccionan las mejores plantas, que se reproducen asexualmente, por medio de injertos, dando como resultado plantas "hijas" idénticas a la madre que donó las yemas para el injerto. En particular, las cepas de la variedad Malbec poseen un rango limitado de clima y suelo para adaptarse, y son bastante sensibles a los rayos ultravioletas. También responden con diferencias a variaciones de manejo que, con mayor control (por ejemplo, en riego), permiten vinos de mejor calidad. Por eso el mejoramiento genético se aboca no solamente a las cualidades agronómicas (resistencia a enfermedades, rendimiento, adaptación a clima y suelo), sino también a las cualidades enológicas.

Algunas de las bodegas y viveros que trabajan en la producción de uva y vino a escala comercial, que desarrollan y mejoran variedades a través de la clonación, en general para un uso propio de mejora de producto y no para comercialización. Algunas de estas bodegas registran estas variedades mejoradas —Catena, por ejemplo, posee varias patentes de clones en Estados Unidos— y otras simplemente tienen un banco genético (de germoplasma) sobre el cual van trabajando y esto forma parte de sus activos críticos, ya que la industria del vino en general está verticalmente integrada con la producción primaria.

El mejoramiento genético es clave en la vid, porque por la técnica de reproducción, le permite al productor acortar mucho los tiempos de mejoramiento y la multiplicación respecto a otros cultivos.

2.2.3. Maní: el caso del Criadero El Carmen

El maní es a Córdoba lo que la vid a Mendoza o la caña de azúcar a Tucumán. Se trata de un sector joven en historia, pero de desarrollo muy rápido, que más allá de estar presente desde décadas anteriores, surgió con alguna relevancia en la década del 70 en Córdoba, y, hasta mediados de los 80, fue igualmente un sector esencialmente agrícola y muy pequeño. En los 80, gracias a la adaptación local de variedades mejoradas del cultivo, que luego se siguieron mejorando, y, más tarde, a inversiones relevantes en el área industrial, este cultivo se transformó en un sector agroindustrial integrado y emblemático para su región.

Este sector, además, posee el rasgo valioso de tener una industria de procesamiento fuertemente exportadora: el complejo manisero exporta el 90% del volumen producido, entre maní crudo, preparado, pellets y aceite, que para 2019 significaron cerca de 900 millones de dólares, lo que equivale al 5% de las exportaciones de todo el complejo oleaginoso argentino, y el 1,5% de las exportaciones totales del país. Argentina además está posicionada como el primer exportador mundial de maní de alta calidad.

El momento bisagra para el crecimiento del sector del maní ocurrió en la década de los 80, cuando se introdujeron las variedades tipo *runner* en el país, traídas de Estados Unidos, mejorando los rendimientos y la calidad, que para ello debieron ser adaptadas a las condiciones agroecológicas de Córdoba. Esto supuso, además, inversiones y mejoras en la tecnología agrícola utilizada, con la aparición de las máquinas cosechadoras invertidoras y equipos de secado en las plantas industriales.

La introducción y adaptación de variedades de maní en nuestro país la realizan INTA y Criadero El Carmen, que desarrolló la mayoría de las variedades de maní que actualmente se siembran en el país y en países vecinos, en colaboración con diferentes especialistas, empresas e instituciones de Argentina —en particular el INTA Manfredi— y el exterior.

Fue el Criadero del Carmen que registró en Argentina, en 1995, sus primeras variedades a partir de la adaptación de la variedad *Florunner*, y luego continuó desarrollando mejoras genéticas a partir de cruzamientos de variedades, generando su propio banco de germoplasma. Con el crecimiento del sector se generó toda una comunidad de científicos, técnicos e investigadores que, desde diferentes instituciones e industrias desarrolladas en Córdoba alrededor del maní, contribuyen a la actividad.

Posteriormente a la introducción de las variedades *runner*, el Criadero se abocó a desarrollar variedades con mayor contenido oleico (maní alto oleico), y más tarde variedades resistentes al carbón, una de las principales enfermedades del maní, así como se encuentran en desarrollo variedades resistentes a sequía. En promedio, el desarrollo de cada variedad de maní hasta su lanzamiento al mercado demora unos 14 años, lo que subraya la necesidad de elegir bien la dirección de los desarrollos, y de apoyar el sostenimiento de este tipo de desarrollos por largos plazos, así como de buscar la forma de acortar con nuevas herramientas el tiempo que toman estos desarrollos.

En 2019 el Criadero registró una variedad combinada de maní alto oleico con resistencia al carbón, un problema aparecido en 2010. El carbón es la enfermedad más importante del cultivo de maní presente en Argentina que, por su distribución y avance en los últimos años, causa mayor preocupación en el sector productivo. La aparición de esta variedad es clave porque permite resolver un problema que impacta en las exportaciones —Argentina no puede exportar derivados de maní a Estados Unidos y Canadá a causa de esa enfermedad— sin cambiar la variedad que ya se siembra mayoritariamente en Argentina.

Aquí aparece otra de las barreras al crecimiento: en la medida en que no se garantiza la desaparición de ciertas enfermedades a nivel de planta, esto cierra mercados que son fundamentales —como Estados Unidos y Canadá en este caso— para diversificar comercialmente la producción local y hacer crecer las exportaciones. El sector público tiene un rol clave —aun cuando la investigación venga del sector privado- en contribuir a acortar los plazos de tramitación de variedades y en ayudar a liberar trabas en mercados externos, no solo en el accionar diplomático, sino apoyando de distintas maneras los esfuerzos desde el fitomejoramiento —y desde el manejo de la sanidad vegetal— para erradicar ciertas pestes.

2.2.4. Algodón: la oportunidad que no podemos dejar pasar

El algodón es un cultivo que en los últimos cincuenta años ha triplicado su producción en el mundo, manteniendo la misma superficie. La demanda continúa creciendo, está fuertemente concentrada en Asia (el 80% de las importaciones mundiales se origina allí) y la producción también está concentrada en cuatro países principales.

En Argentina, el algodón ha sido el principal cultivo del noreste argentino, y la importancia de esta actividad se explica tanto por ser una cadena de valor muy integrada verticalmente desde la producción de semilla hasta la fabricación de indumentaria, como por la ocupación de mano de obra que involucra, y su impacto social en el noreste del país. No obstante, en el cuadro global, nuestro país es un jugador pequeño con rendimientos y calidad de fibra muy por debajo de la media mundial.

El mejoramiento genético es una de las cuentas pendientes del sector algodonero: desde hace más de una década que no aparecen eventos biotecnológicos, y hace cinco años que no se lanza una nueva variedad comercial al mercado, siendo que prácticamente el 100% del área se siembra con semillas modificadas con ingeniería genética, alrededor de cuatro variedades. Esto impacta directamente sobre el desarrollo de innovaciones, ya que la falta de controles efectivos resta confianza a las empresas para desarrollar mejores variedades y lanzar nuevos eventos. Se trata de un problema simple de incentivos a la innovación en semillas.

Para mejorar la producción y calidad del algodón existen programas de mejoramiento que se están llevando adelante desde el sector público en clave defensiva ante la aparición de algunas plagas como la del "picudo", insecto que se transformó en el mayor problema fitosanitario que hoy tiene el algodón y que afecta dramáticamente el rendimiento del cultivo. Científicos del INTA, tanto de Sáenz Peña, en el Chaco, como de Castelar, Buenos Aires, están trabajando en distintas áreas que van desde los cruzamientos para brácteas que exponen al "picudo" a la acción de insecticidas, hasta el uso de la biotecnología para lograr variedades resistentes genéticamente a la plaga.

Más recientemente, el INTA lanzó tres nuevas variedades de ciclo intermedio en colaboración con el sector privado, con el objetivo de optimizar la estacionalidad y obtener algunas mejoras agronómicas.

2.2.5. Legumbres: el potencial del garbanzo

El garbanzo constituye una de las fuentes más baratas de proteína y posee una serie de ventajas muy relevantes como cultivo y como producto: requiere menor cantidad de agua que otras legumbres como la soja, posee variedades que se adaptan muy bien a zonas semi-áridas, contribuye a la mejora en rotación de cultivos, contribuye a la fertilidad de suelos y a la fijación de nitrógeno y, por último, pero no menos importante, posee un mercado mundial en expansión principalmente localizado en Asia, especialmente la India.

En Argentina el garbanzo es un cultivo de expansión relativamente reciente, pero de larga tradición, que tuvo un crecimiento muy paulatino a lo largo de cientos de años, y un crecimiento fuerte a partir de la década del 70 y hoy ya es la segunda legumbre seca en volumen de producción, detrás del poroto. El garbanzo se desarrolló principalmente en el norte de Córdoba y en Salta, principalmente a través de la variedad *kabuli*, considerada de especialidad, de mayor consumo en Argentina y Europa, pero minoritaria frente a la variedad *desí*. La provincia de Córdoba es hoy la principal productora de garbanzo del país, junto con Salta, que posee los desarrollos de mayor crecimiento, así como otras legumbres en el NOA.

Gran parte del desarrollo del mejoramiento del garbanzo en Argentina está asociado a la Universidad Nacional de Córdoba y, más específicamente, a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, que posee un programa de fitomejoramiento desde hace 40 años, si bien fue el INTA E.E.A Catamarca el pionero en comenzar el trabajo con líneas promisorias que tuvieron difusión en las zonas de producción de garbanzo en Salta. La Universidad de Salta es coprotagonista en el desarrollo y el mejoramiento del garbanzo, y el INTA en sus diferentes estaciones experimentales de esta macrorregión. En 1970 la UNC comenzó un programa de mejoramiento del garbanzo. En ese marco, la labor del equipo de Julia Carreras, investigadora de la UNC, fue clave en el desarrollo, habiendo sido ella quien registró cuatro de las seis variedades existentes hoy en el Registro Nacional de Obtentores. El programa de mejoramiento genético evalúa y caracteriza variedades adaptadas al contexto local, estudia materiales surgidos de mutaciones espontáneas (cambios al azar en la organización del ADN de un ser vivo) y define estrategias para el mejoramiento genético del garbanzo por medio de cruzamiento convencional. El trabajo de mejoramiento en garbanzo está asociado principalmente a la tolerancia a la sequía, a la resistencia a enfermedades causadas por hongos y a la adaptación a la siembra directa y la cosecha mecánica. Son procesos de entre cinco y diez años de duración hasta llevarlos al mercado. Hoy el equipo de Carreras tiene alrededor de 180 líneas promisorias en evaluación, y, junto al trabajo de la Universidad de Salta y empresas privadas, mantienen proyectos en colaboración en esas líneas de acción.

El garbanzo es una legumbre de gran potencial de crecimiento enfocado en las exportaciones, y no solo en la variedad *kabuli*. Países como India, que cultivan la variedad *desi*, importan cada vez más volúmenes, y otros países de Asia y África están entrando en escena, con mercados de creciente poder adquisitivo y dietas fuertemente basadas en proteína vegetal, y en particular en legumbres. Argentina tiene productividades en garbanzo muy superiores a las que ocurren en Asia, y esto se debe al trabajo sostenido de adaptación y mejoramiento genético.

Otra legumbre de gran potencial es la arveja amarilla, consumida en China, y con importaciones cada vez más relevantes. Al observar la dinámica de crecimiento de estos mercados, cualquiera de estas variedades, con los incentivos adecuados a la multiplicación y la reproducción de semilla, mayor inversión en investigación de variedades, e incursiones a los países de destino para realizar adaptaciones de las variedades locales, podrían convertirse en generadores exponenciales de divisas para el país, y de generación de trabajo de calidad y con arraigo.

2.2.6. Forrajas

La Argentina cuenta con un sector de semillas forrajeras pequeño en tamaño de mercado —alrededor de 50 millones de dólares—, pero dinámico y en crecimiento. Hasta 2012, Argentina era importador neto de semillas forrajeras, y desde 2013 hasta hoy fue consolidando su posición de exportador neto en semillas de contraestación, produciendo y exportando principalmente semillas de gramíneas (raigrás, festuca), y una pequeña parte de leguminosas (alfalfa, *lotus*, trébol). Se trata de un sector que ha evolucionado de acuerdo con las transformaciones de la ganadería en Argentina, que desde los años 90, movida por la ampliación de la frontera agrícola, se ha corrido hacia regiones más marginales, dentro y fuera de la región pampeana, y ha debido adaptar variedades a ambientes más restrictivos.

En términos generales, los objetivos fundamentales de la mayoría de los programas de mejoramiento de especies forrajeras, sean públicos o privados, se han enfocado en incrementar el rendimiento por hectárea. Recientemente se ha invertido más en términos de calidad forrajera y en resistencia a algunos factores bióticos y abióticos, pero básicamente han estado adaptando variedades para mantener las mismas productividades o aumentarlas en zonas menos tradicionales.

Los desarrollos para conseguir mejoras de rendimiento pastoril han estado sustentados principalmente sobre selección y cruzamiento, siendo el INTA la principal fuente de cultivares forrajeros nacionales (un tercio de los registros de cultivares en los últimos cinco años) y, en segundo lugar, un puñado de firmas privadas y universidades (distribuyéndose dos tercios de los registros).

En ese sentido, las empresas de semillas, agrupadas en la Cámara de Semilleristas de la Bolsa de Comercio, junto con algunas Estaciones Experimentales del INTA, montaron ya desde 1990 una red de ensayos público-privada con el objetivo de evaluar la evolución del mejoramiento genético de distintas variedades de semillas forrajeras en ambientes de la región pampeana. Esto les permite ir monitoreando resultados del mejoramiento y el comportamiento de las variedades en distintas localidades, y luego trabajar a nivel de cada empresa y cada institución tanto sobre sus propios materiales como sobre los aspectos comerciales de la reproducción de semillas.

Este es un caso en el que se ve claramente cómo se construye desde el fitomejoramiento un activo colectivo que surge de la colaboración público-privada y provee competitividad y oportunidades a toda la industria. Esta situación convive con los mismos problemas que en otros subsectores a nivel de reconocimiento de la propiedad intelectual, y que han venido limitando la expansión en un segmento de mercado mayoritariamente enfocado en el mercado interno. Por eso las estrategias de expansión de las empresas de este segmento, luego de haber sustituido importaciones de semillas en los últimos ocho años, apuntan principalmente a desarrollar poco a poco los mercados de exportación, donde no se presentan dificultades en general para percibir las regalías. Esto presenta un desafío y una amenaza en la medida en que existen muchos esfuerzos de mejoramiento de variedades que quedan subinvertidos en regiones clave para el crecimiento de la ganadería pastoril, que es la principal variable por donde pasa el negocio del engorde ganadero.

2.2.7. Cereales y oleaginosas. De *commodities* a aceites de alta calidad, insumos alimenticios de alto valor agregado y energías renovables

Los cultivos extensivos principales (maíz, soja, trigo, girasol) constituyen hoy la mayor parte del mercado de semillas en Argentina (y en el mundo). Desde hace ya varios años el grueso de las líneas de investigación en este subsector se concentra en optimizar las variedades de cultivos a ambientes agroecológicos determinados con foco en los diferentes desafíos agronómicos. Un ejemplo de esto son las recientes novedades del evento de tolerancia a la sequía en trigo (HB4) por parte de la empresa Bioceres. Otras investigaciones, más recientes, se concentran en la calidad del grano: tenor graso, calidades de aceite, concentración de ácidos grasos de interés, grados de almidón (entre otros azúcares), taninos, etc.

Asociado a este último grupo de investigaciones, existe un conjunto de oportunidades más allá de los cultivos con mejoras agronómicas, que están pendientes de ser aprovechadas, vinculadas al mejoramiento por medio de nuevas herramientas como edición génica,⁸ para atender requerimientos derivados de la sofisticación de la industria alimentaria, de la demanda de energías renovables y de otras industrias que encuentran en el mejoramiento de estos cultivos claves para mejorar la calidad de sus insumos industriales. Un ejemplo: en Estados Unidos, en 2019, agricultores de tres estados cosecharon las primeras 6500 hectáreas de soja editada genéticamente, la cual será usada en diversos productos alimenticios. La variedad de soja editada fue desarrollada por una empresa surgida de Minnesota, llamada Calyxt, por cierto fundada por un argentino, y produce un aceite de soja más saludable, con un 80% de ácido oleico, 20% menos ácidos grasos saturados y cero grasas *trans*. Recientemente cerró un acuerdo con ADM para vender toda su producción de 2020 a esta empresa.

Pensando en maíz y la gran diversidad de subproductos derivados de este cultivo, existen muchas oportunidades para ir segmentando variedades con fines especializados por uso más allá de la clasificación convencional entre tipos de maíz. Las investigaciones en Argentina en híbridos están centradas en los aspectos "convencionales" del mejoramiento, pero aún hace falta una apuesta fuerte en dirección hacia mejoramiento sobre aspectos nutricionales específicos de los granos, sobre cualidades que hacen mejor el producto para un uso energético, o bien para uso como ración animal, así como para otros usos que pueda ir apareciendo como mercados estratégicos.

2.2.8. Arroz: el Caso INTA Concepción

En los 90, el arroz tuvo un crecimiento fuerte gracias al alza en los precios internacionales. Entre 1999 y 2002, la superficie sembrada, la producción y el saldo exportable de este cereal se desplomaron. Esta anomalía estuvo vinculada a la aparición de malezas, en particular el arroz rojo, especie sexualmente compatible con el arroz difundida mundialmente. La genética en ese entonces no ofrecía respuesta a esa problemática, a la vez que generaba rendimientos volátiles y baja calidad de grano, lo que afectaba su industrialización y comercialización.

Como respuesta al mismo surgieron algunas iniciativas que buscaban proveer de un salto cualitativo en el mejoramiento de variedades de arroz. Algunas desde el sector privado, a partir de transgénesis. Otra surgió desde el INTA Concepción del Uruguay, por medio de un acuerdo público-privado y el licenciamiento de una tecnología conocida como *Clearfield*, cuando se liberaron para uso comercial dos variedades de arroz resistentes a herbicidas del grupo de las imidazolinonas: "Puitá INTA CL" y "Gurí-INTA CL". Estas variedades fueron obtenidas por el programa de mejoramiento genético en arroz del INTA de la Estación Experimental de Concepción del Uruguay, a partir de una combinación de cruzamiento tradicional con mutagénesis al azar.⁹

⁸ La edición génica es un conjunto de técnicas de aplicación más reciente que permite realizar cambios muy específicos en el genoma con el fin de anular o cambiar la función de ciertos genes. Debido a su extraordinaria precisión, la edición génica se suma al fitomejoramiento como una herramienta poderosa y eficiente para obtener variedades con nuevas características.

⁹ La mutagénesis al azar es un conjunto de métodos basados en tratamientos químicos o por radiación que se aplican a las semillas con el objetivo de generar múltiples cambios o mutaciones genéticas a partir de las cuales se seleccionan los individuos con las mejoras deseadas.

Esta estación venía trabajando en este programa en una relación colaborativa con los productores arroceros de la provincia de Entre Ríos nucleados en la Fundación Proarroz. Pero además existía un trabajo coordinado con los proveedores de herbicidas, y dentro del INTA, entre grupos de trabajo especializados en los aspectos científicos de las mutaciones, afincados en el INTA Castelar, y grupos abocados al fitomejoramiento convencional de la semilla, en el INTA Concepción.

El objetivo era desarrollar un paquete tecnológico capaz de estabilizar rendimientos en valores parecidos a otros cultivos comparables y responder a desafíos técnicos como el arroz colorado sobre la base del uso masivo de nuevas variedades de semillas y procesos de producción. En este contexto, puntualmente la variedad Puitá INTA CL sustentó de inmediato un salto de productividad y calidad en la producción argentina de arroz, que se constituyó también en un caso de desarrollo tecnológico con impactos internacionales.

Como señala Bisang, esta innovación contribuyó a cambiar la dinámica del sector arrocero en Argentina en varias dimensiones: en términos productivos, permitió la expansión de la superficie cultivada a zonas afectadas por persistentes malezas; además redujo costos y simplificó la fase agrícola, debido a la menor necesidad de aplicaciones de herbicidas y a la obtención de mayor flexibilidad en cuanto al riego; mejoró la calidad del grano, abriendo oportunidades de mercado que dieron mayor autonomía comercial frente al monoposonio brasileño; abrió las puertas al negocio de la genética del arroz, dado que la problemática del arroz colorado no se limita al ámbito local, sino que trasciende a otras agriculturas; y, desde 2002, con la recuperación de los precios internacionales, la nueva situación cambiaría argentina y cambios tecnológicos introducidos en la producción local, se logró revertir la crisis del arroz y se abrió una nueva oportunidad expansiva a la producción arrocera” (Bisang *et al.*, 2015).

En lo sucesivo, el trabajo de mejoramiento en arroz llevado a cabo en la EEA INTA Concepción del Uruguay modificó sustancialmente las variedades disponibles en el mercado de arroz argentino y regional, ya que estas colaboraciones, bajo la forma del Grupo de Trabajo de Mejoramiento Genético de Arroz (GTMGA), continuaron desarrollándose y periódicamente ponen nuevas variedades en el mercado, como la variedad Memby Porá INTA CL, registrada en 2017 y liberada en 2020, que sobresale por su capacidad para tolerar bajas temperaturas, manteniendo las ventajas de rendimiento y resistencia a herbicidas del grupo IMI presentes las variedades anteriores, y además posee una calidad molinera superior y estabilidad en diferentes ambientes y campañas.

También recientemente, en colaboración con empresas del sector y con otras instituciones públicas como el INASE, se creó la primera base de datos moleculares para la caracterización del germoplasma de arroz que se comercializa en el país, con el objetivo de fortalecer el comercio de semilla legal y reunir información sobre los cultivares comercializados. Esta tecnología es clave para el desarrollo de programas de mejoramiento en arroz y además pasa a formar parte de la información genotípica de cultivares en el INASE.

El caso del arroz es un claro ejemplo del funcionamiento virtuoso de la colaboración público-privada y público-pública, que permite convertir desarrollos científicos llevados a cabo por el sector público en innovaciones productivas exitosas de alto impacto para el mercado, y que resolvieron no solo una crisis productiva determinante para la sustentabilidad del sector, sino que además abrieron nuevos escenarios de comercialización internacional tanto de grano como de la semilla, y nuevas dinámicas de codesarrollo tecnológico aplicado.

2.2.9. Cebada cervecera

La cebada es el cuarto cereal en importancia mundial y es el séptimo cultivo en producción, y tiene, entre otros usos, una demanda de uso industrial que es muy relevante en calidad y en volumen: la cerveza. En promedio, para obtener una cerveza tipo *lager* se utilizan 12 kilos de malta por cada 100 litros de cerveza, que a su vez provienen de 15 kilos de cebada.

Un gran aportante a la calidad del producto final es partir de un buen germoplasma en la cebada. Actualmente, en la Argentina se producen cuatro millones de toneladas de cebada, además de malta y cerveza. A nivel mundial, pocos países desarrollan este proceso productivo integral. Parte de la cebada se exporta a otros países para hacer malta, y también como forraje.

Desde el sector privado, en Argentina existe un caso de mejoramiento genético muy interesante, comentado en la introducción de este documento, afincado en el Campo Experimental de la Cervecería y Maltería Quilmes, en Tres Arroyos. Parte de ese interés se deriva de un caso de integración vertical completa, desde la semilla del principal insumo hasta el consumidor, donde la empresa coordina internamente esa traducción entre la demanda industrial y la oferta productiva, pero también la respuesta directa al desafío climático en la forma de variedades que mejoren agrónomicamente la respuesta ante la necesidad de soportar sequías más frecuentes y, en un mismo movimiento, mejoren aspectos que impactan aguas abajo en la fase industrial.

Específicamente, en el caso de estas dos variedades desarrolladas, hablamos de mejoras en varios aspectos: mayor velocidad de absorción de agua en la etapa de remojo; mayor potencial enzimático (ahorro de agua en la etapa de germinación); y menor humedad máxima de germinación (ahorro de energía en la etapa de secado).¹⁰

Quilmes es una empresa emblemática de nuestro país, pertenece a un grupo con una política global de sustentabilidad orientada a reducir la huella hídrica y la huella de carbono, y ancla el desarrollo de la genética de su principal insumo en un grupo de trabajo de largo aliento basado en capacidades locales, generadas en el marco de instituciones educativas y de investigación públicas (INTA, universidades), en colaboración con capacidades externas para aspectos específicos de cada desarrollo.

¹⁰ Así, con 3% menos de agua en germinación, el ahorro por cada ciclo de producción de cerveza es de 27 m³ de agua en germinación y 1600 m³ de gas en secado; por lo que, en el proceso industrial del malteado, por año hay un ahorro de 7560 m³ de agua y 448.000 m³ de gas.

Reflexiones finales

Hemos descrito apenas un puñado de proyectos en nuestro país que resuelven esencialmente desafíos agronómicos (mejoras en rendimiento, resistencias a factores bióticos o a condiciones climáticas adversas) y, en algunos casos puntuales, desafíos referidos al uso posterior que se le da a esa materia prima: por ejemplo, la uva sin semilla para consumo final y la caña de azúcar con mayor contenido de sacarosa para uso industrial.

A pesar de que son casos interesantes, se trata de una expresión bastante menor en cuanto al potencial de innovación que existe. Hay una enorme diversidad de desafíos en múltiples cadenas agroalimentarias, aguas arriba y abajo.

Los casos mencionados se generan a partir de un trabajo continuo y consistente por parte de los diferentes centros de investigación, públicos y privados, y empresas semilleras que existen en Argentina, abocados cada uno a sus cultivos de referencia. Requiere muchos años de trabajo y equipos en continua formación y especialización construyendo sus carreras alrededor de estos cultivos o de ciertas herramientas de fitomejoramiento.

Como se observa en gran parte de los casos, también se requiere que existan relaciones de colaboración entre centros de investigación, entre sector público y privado, entre ciencia e industria, para alcanzar estos resultados. Y existen diferentes arreglos posibles de coordinación entre agentes públicos y privados para generar casos de éxito alrededor del fitomejoramiento en diferentes cultivos.

Estas diferencias están vinculadas a idiosincrasias institucionales específicas de la zona donde se sitúan cada uno de estos cultivos, o a particularidades de la evolución histórica de cada sector agroindustrial. La clave parece estar, por un lado, en proveer flexibilidad para permitir que el juego de los actores defina su mejor forma de desarrollar la innovación y, por otro lado, en que exista un marco institucional adecuado y consistente que brinde un esquema claro de incentivos a la innovación, que permita dedicar años de trabajo con un sistema de recompensa que aliente esos esfuerzos y no los disuada.

Por otra parte, los casos analizados demuestran cabalmente no solo que en Argentina hay una gran variedad de capacidades científicas y tecnológicas generando innovaciones que resultan determinantes para la sostenibilidad de muchos sectores agroindustriales, sino también que promover la innovación es sinérgico a promover la sustentabilidad y la seguridad alimentaria.

Al poner en relieve la enorme variedad de casos que han sostenido el crecimiento y la competitividad de sectores agroalimentarios enteros, manteniendo productividades, adaptando los cultivos a variaciones climáticas y ajustando productos a nuevas tendencias, el fitomejoramiento se vuelve esencial no solo para generar competitividades diferenciales que permitan un mejor posicionamiento de la agricultura argentina en el mundo, sino para la mera continuidad existencial de cadenas agroindustriales enteras que sostienen a cientos de miles de familias en todo el país, que generan recursos genuinos y que traccionan la inversión en infraestructura, maquinaria y equipamiento.

Por último, estos casos además permiten observar el crecimiento de una serie de pymes de alto valor agregado que pueden trabajar con menos escala, pero con más profundidad en proyectos que tienen largos impactos en el tiempo. Aún más, cuando se lo mira con una perspectiva federal, es evidente que el desarrollo distribuido de capacidades de investigación y desarrollo, la colaboración entre instituciones públicas y empresas, o entre instituciones públicas, o entre privados, permite que existan más oportunidades y múltiples espacios de innovación y desarrollo.

En la práctica, los casos demuestran que es posible homogeneizar la adopción de innovaciones fitogenéticas entre grandes y pequeños productores, entre cultivos de la pampa húmeda y cultivos regionales. La competencia es más a nivel internacional que a nivel local. Considerar a los sectores como cadenas de valor con actores que cumplen diferentes funciones facilita visualizar esta perspectiva real y encontrar puntos sistémicos de falla que pueden ser mejorados. Existe adicionalmente la ventaja de que en la actualidad la "caja de herramientas" del fitomejoramiento ya cuenta en nuestro país con una tradición y una masa crítica de centros de investigación, instituciones públicas y empresas privadas que desde hace décadas están trabajando en conjunto. La clave pasa por llevar este sistema a un segundo nivel.

Imaginémonos la enorme cantidad de insumos mejorados que se pueden obtener para la diversidad de producciones agroalimentarias, sea para consumo directo como para procesos agroalimentarios o agroindustriales, o de otras industrias en las que participen como insumos. ¿Cómo se vería, bajo el escenario ya planteado en relación a sus activos, una industria de mejoramiento de semillas argentinas, potenciadas en inversión y liberadas de ciertas trabas sistémicas, con el impacto que esto supone para la competitividad de los sectores agroindustriales a los que sirve, así como en su capacidad de aplicar a mayor escala las herramientas de mejoramiento disponibles hoy?

En un mismo movimiento, nuestro país podría generar una cuádruple ventaja estratégica:

- a) Generar mayor valor y competitividad a las cadenas agroindustriales asociadas directamente como clientes, federalizando la innovación en cultivos de toda especie, generando mayores exportaciones de semillas y de conocimiento.
- b) Aprovechar las externalidades de un mayor desarrollo de proyectos aplicados en el área de genética vegetal, técnicas aplicadas y variedades generadas para promover el desarrollo de soluciones innovadoras para múltiples sectores, incluyendo los no alimentarios.
- c) Generar un crecimiento en la oferta agroalimentaria local que permitirá tanto crecer en exportaciones de materias primas y productos derivados como garantizar la seguridad alimentaria en Argentina, sin que haya fricciones entre exportaciones y mercado interno, y que al mismo tiempo ayudará a optimizar la localización de cultivos en las zonas más adecuadas para cada cultivo en un entorno climático y de requerimientos de mercado cambiantes.
- d) Contribuir a la recuperación de muchos suelos degradados en zonas marginales, mediante la aplicación de especies adaptadas a estas zonas. El caso de la aplicación de forrajes en zonas desertificadas es un ejemplo claro. Esto permitiría aumentar la captura de carbono y demostrar con indicadores la contribución del fitomejoramiento a paliar los efectos del cambio climático.

En ese sentido, basados en la casuística analizada y en la opinión de algunos expertos, hemos definido algunas prioridades que permitirían, abordadas de manera correcta, aprovechar algunas de estas ventajas estratégicas potenciales mencionadas:

- Es necesario apoyar la generación de más proyectos de mejoramiento, a mayor escala, dotados de más recursos, y dar flexibilidad para las formas de organización y coordinación público-privada, así como mayor acceso a los recursos estratégicos: recursos humanos calificados, mayor capacidad de adquisición de tecnologías y más flujos de intercambio con centros tecnológicos de otras latitudes, para hacer más fluida la transmisión de información con los circuitos de frontera internacional. También es necesario promover una mayor exposición comercial internacional de las empresas y de los centros de investigación y desarrollo, públicos y privados, que generan variedades nuevas.
- Es necesario generar las condiciones para que todos los estratos de productores, en todos los cultivos y en todas las regiones de nuestro país, puedan acceder a la innovación en semillas.
- Es necesario destrabar limitantes al desarrollo del sector con una legislación adecuada haciendo efectivo el control del comercio de semillas, y con una mejor coordinación público-privada, permitiendo que se alineen los incentivos necesarios para que tanto el sector privado invierta más en investigación y desarrollo como que haya más flexibilidad en la coordinación público-privada y público-pública orientada a la innovación, y el sector al mismo tiempo exporte más. El cobro de derechos es un problema que sigue arrastrándose e impacta en instituciones, científicos y empresas asociados a todos los cultivos de nuestro país, limitando su potencial.
- Es necesario tener herramientas de prospectiva que ayuden a las instituciones y grupos de trabajo públicos y privados a anticiparse a las demandas y ver cómo se traducen en prioridades de investigación.

Convertir estas prioridades en acciones sobrepasa los límites de este trabajo, pero podría ser objeto de una evaluación posterior para plasmar propuestas concretas de acción. Dicho esto, creemos que aquí se deja planteada una visión y una serie de consideraciones que deberían facilitar tal desarrollo.

Bibliografía

Alae-Carew, C., Nicoleau, S., Bird, F. A., Hawkins, P., Tuomisto, H. L., Haines, A., Dangour, A. D. y Scheelbeek, P. F. D. (2019). The impact of environmental changes on the yield and nutritional quality of fruits, nuts and seeds: a systematic review. *Environmental Research Letters*, 15(2). DOI: 10.1088/1748-9326/ab5cc0.

Bisang, R., Anlló, G. y Campi, M. (2015). Políticas tecnológicas para la innovación: la producción agrícola argentina. Santiago de Chile: CIEPLAN. Recuperado de: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/773>.

Chui, M., Evers, M., Manyika, J., Zheng, A. y Nisbet, T. (2020). *The Bio Revolution. Innovations transforming economies, societies, and our lives.* McKinsey Global Institute.

Digonzelli, P. (2007). Producción de caña semilla de alta calidad en la provincia de Tucumán: Proyecto Vitroplantas-EEAOC.

Digonzelli, P. *et al.* (2011). Resultados de 10 años de producción de caña semilla de alta calidad del Proyecto Vitroplantas - EEAOC en Tucumán, Argentina, Subprograma Agronomía de Caña de Azúcar, Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes.

Dobrogojski, J., Szychalski, M. y Luciński, R. *et al.* (2018). Transgenic plants as a source of polyhydroxyalkanoates. *Acta Physiol Plant*, 40(162).

FAO (2018). *The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050.* Roma: FAO.

Lu, H., Yuan, G., Strauss, S. H., Tschaplinski, T. J., Tuskan, G. A., Chen, J-C y Yang, X. (2020). Reconfiguring Plant Metabolism for Biodegradable Plastic Production. *BioDesign Research*, vol. 2020. DOI: <https://doi.org/10.34133/2020/9078303>.

Langgut, D. (2017). *The Citrus Route Revealed: From Southeast Asia into the Mediterranean.* HortScience: A publication of the American Society for Horticultural Science, 52(6), 814-822.

Mortimer J. C. (2019). Plant synthetic biology could drive a revolution in biofuels and medicine. *Exp Biol Med*, 244(4), 323-331. DOI: 10.1177/1535370218793890.

Pancaldi, F. y Trindade, L. (2020). Marginal Lands to Grow Novel Bio-Based Crops: A Plant Breeding Perspective. *Frontier Plant Science*, 11, 227.

Popp, J., Kovács, S., Oláh, J., Zoltáni, D. y Balázs, E. (2021). Bioeconomy: Biomass and biomass-based energy supply and demand. *New Biotechnology*, 60(25), 76-84.

Snell, K., Singh, V., Brumbley, S. (2015). Production of novel biopolymers in plants: recent technological advances and future prospects. *Current Opinion in Biotechnology*, 32, 68-75.

Van Beilen, J. y Poirier, Y. (2008). Production of renewable polymers from crop plants. *The Plant Journal*, 54(4).

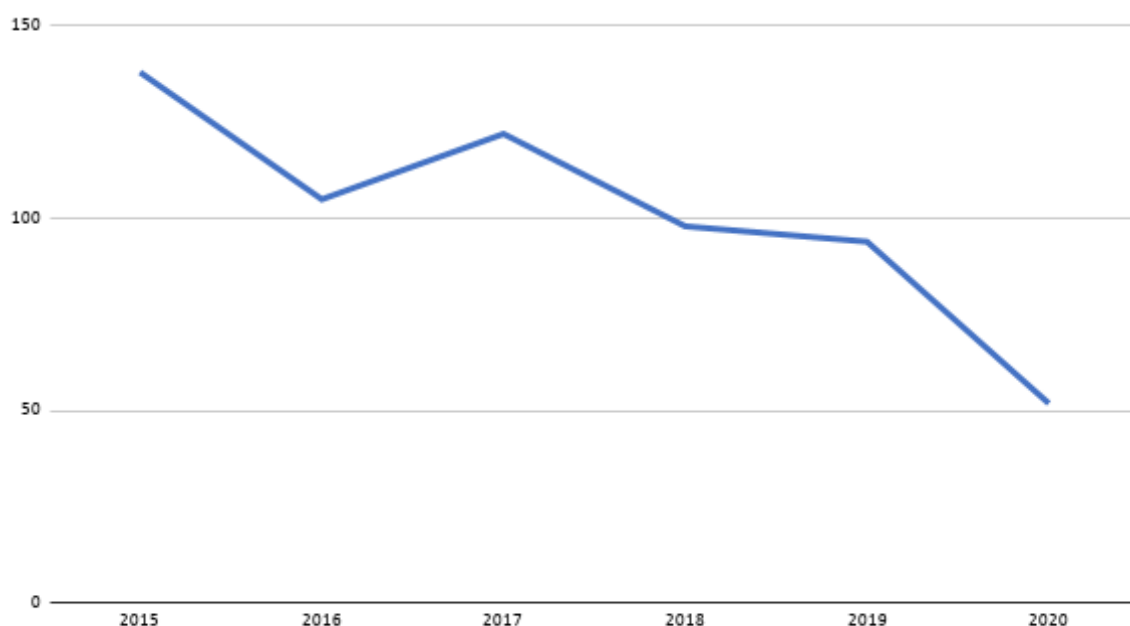
Anexo

Evolución de los Registros de Propiedad de Variedades Vegetales en INASE desde 2015 a 2020

Como complemento al análisis principal del documento, hemos realizado un relevamiento básico de la situación de los registros de propiedad de variedades vegetales ante el Registro Nacional de Propiedad de Cultivares (RNPC) del Instituto Nacional de Semillas (INASE) para el último lustro. Es decir, no estamos reflejando la situación acumulada a nivel histórico, sino la evolución reciente, para dar sustento estadístico al escenario actual.

En términos generales se observa una fuerte baja de los registros de propiedad de variedades desde 2015 a poco más de un tercio en 2020 (**Gráfico 1**), que parece preocupante considerando los números absolutos.

Gráfico 1. Evolución de registros de propiedad de variedades vegetales en INASE (2015-2020)

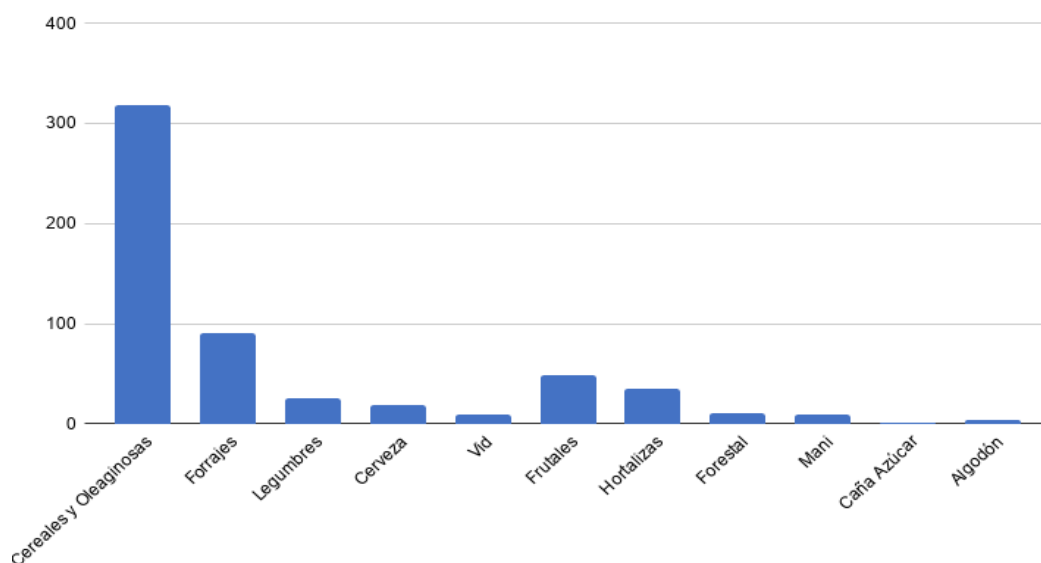


En el **Gráfico 2** se observa un patrón ya conocido: la gran disparidad de registros que existe entre los cereales y oleaginosas y el resto de los cultivos tratados en este trabajo. Esta es la situación de partida del documento, en el sentido de que hablamos de un mercado agrícola consolidado —el de cereales y oleaginosas—, con un volumen de negocio varias veces superior al del resto de los cultivos.

El dato más significativo es que la gran mayoría de variedades parecen muy subrepresentadas con respecto a su relevancia como cultivos: por ejemplo, la caña de azúcar, con un solo registro en los últimos cinco años, o algodón, con muy pocos registros a pesar de una actividad arraigada y en crecimiento. Aunque en esos sectores se conoce que existen eventos generados por algunas instituciones o centros privados de investigación, estos

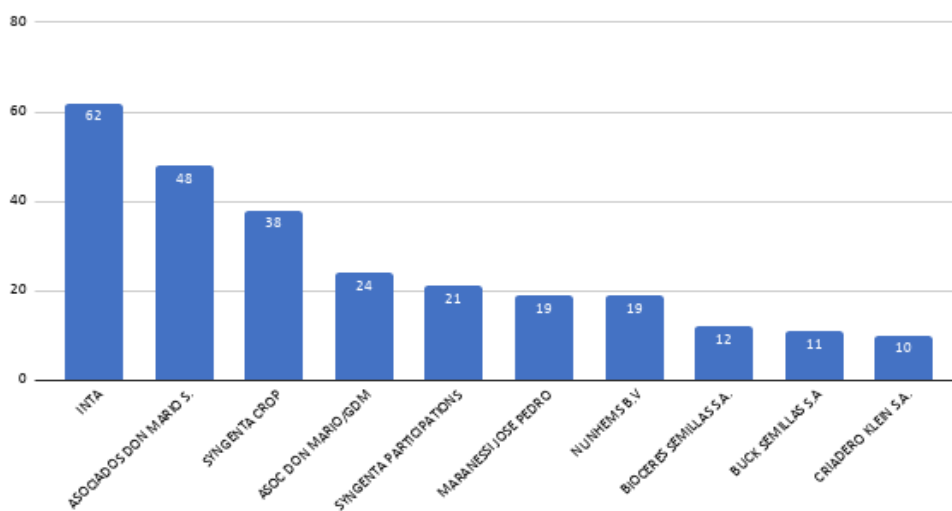
eventos no llegan al mercado o no llegan siquiera a ser registrados por la imposibilidad de recuperar la inversión en mejoramiento.

Gráfico 2. Distribución de registros de propiedad de variedades vegetales en INASE según cadenas de valor (2015-2020)



Mención aparte merece el mercado de semillas forrajeras, que ha venido desarrollándose fuertemente en los últimos 15 años y es uno de los actores más dinámicos del sistema de semillas en Argentina, habiéndose tornado de manera incipiente en un sector exportador, tras haber sustituido importaciones a lo largo de diez años.

Gráfico 3. Distribución de registros de propiedad de variedades vegetales en INASE según su titular (2015 a 2020)



Por último, en el **Gráfico 3**, podemos ver que INTA continúa liderando en cantidad global el registro de propiedad de variedades, con un sesgo muy claro hacia aquellos cultivos industriales de regiones extra-pampeanas, en tanto que en los cultivos extensivos de la Región Pampeana, es decir cereales y oleaginosas, el segmento es dominado por un conjunto de firmas del sector privado, de Argentina y del exterior, aunque también con alguna presencia, en menor medida, del INTA.

ISSN: 2415-1785