

Características de la investigación científica y tecnológica del sector agropecuario argentino: análisis sobre trigo, maíz, soja y girasol

Tesis presentada para optar al título de Magíster de la Universidad de Buenos Aires, Área Agronegocios

Diego Hernán Rotili

Ingeniero Agrónomo - Universidad de Buenos Aires - 2015
Especialista, Agronegocios y Alimentos - Universidad de Buenos Aires - 2017

Lugar de trabajo: Universidad de Buenos Aires



Escuela para Graduados Ing. Agr. Alberto Soriano
Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires

COMITÉ CONSEJERO

Director de tesis

Martín Oesterheld

Ingeniero Agrónomo (Universidad de Buenos Aires)

PhD in Biology (Syracuse University)

Co-directora

Evangelina Gabriela Dulce

Ingeniera Agrónoma (Universidad de Buenos Aires)

Magister en Agronegocios y Alimentos (Universidad de Buenos Aires)

JURADO DE TESIS

Director de tesis

Martín Oesterheld

Ingeniero Agrónomo (Universidad de Buenos Aires)

PhD in Biology (Syracuse University)

Jurado

Jorgelina Cárcova

Ingeniera Agrónoma (Universidad de Buenos Aires)

Magister en Producción Vegetal (Universidad de Buenos Aires)

Doctora en Ciencias Agropecuarias (Universidad de Buenos Aires)

Jurado

Santiago Nicolás Lorenzatti

Ingeniero Agrónomo (Universidad Nacional de Rosario)

Magister en Agronegocios y Alimentos (Universidad de Buenos Aires)

Jurado

Federico Esteban Bert

Ingeniero Agrónomo (Universidad de Buenos Aires)

Doctor en Ciencias Agropecuarias (Universidad de Buenos Aires)

Fecha de defensa de la tesis: 23 de septiembre de 2020

DEDICATORIA

*A mis abuelos: Marcelo, Mercedes, Roberto y Dora.
Los recuerdo siempre.*

“Life has three rules: Paradox, Humor, and Change.

- *Paradox: Life is a mystery; don't waste your time trying to figure it out.*
- *Humor: Keep a sense of humor, especially about yourself. It is a strength beyond all measure.*
- *Change: Know that nothing ever stays the same”*

Way of the peaceful warrior
Dan Millman

AGRADECIMIENTOS

El comienzo, avances intermedios y finalización de esta tesis formaron parte de un proceso largo que no hubiera sido posible sin la contribución de numerosas personas. Un apoyo fundamental a quien debo el principal agradecimiento es a mi director, Martín Oesterheld. A pesar de haber acudido a él sin un vínculo previo, sin un proyecto formal compartido y con una idea vaga sobre la cual trabajar, desde el primer momento me guio con extrema generosidad, calidez y seriedad hacia el objetivo de llevar a cabo la tesis. Sus sugerencias a la hora de generar preguntas, encontrar cómo responderlas y comprender las limitaciones de los análisis realizados me enriquecieron como profesional. El aprendizaje relacionado a la manera apropiada de escribir un documento de este tipo fue de primera calidad y una gran manera de terminar el proceso. Además, discutir acerca de variados temas relacionados a la actividad científica fue algo adicional que me enriqueció. Muchísimas gracias, Martín.

Otro gran agradecimiento es para mí codirectora, Evangelina Dulce. Fue ella quien pudo dar una primera dirección a mi motivación y quien me sugirió consultar a Martín si aceptaba dirigir esta tesis. Una reunión en la que dedicó mucho tiempo y energía dejando otras tareas para ayudarme a delimitar los objetivos fue fundamental para terminar la escritura del proyecto. Los mensajes periódicos acerca de la evolución de la tesis y sus palabras de aliento constantes fueron un gran apoyo para continuar el trabajo. Muchísimas gracias, Evan.

Quiero agradecer profundamente por la oportunidad de realizar la maestría al Departamento de Instituciones, Organizaciones y Estrategia del Programa de Agronegocios de la FAUBA. Gracias a Sebastián Senesi por la decisión de otorgarme la beca para realizar los estudios. También te agradezco por darme la posibilidad de viajar a Dinamarca al Congreso Mundial de Agronegocios. Gracias a Mariano Villani por enseñarme cómo la calidez en el trato genera buenas experiencias y resultados. Gracias a Hernán Palau, Fernando Mogni, Facundo Neyra, Marcos Daziano y Pamela Plaschinsky por el agradable trato todas las veces en las que charlamos. Siempre aprendí algo nuevo de ustedes.

Otro agradecimiento es para todos los docentes de los que aprendí sobre temas tan importantes y variados durante el transcurso de los años de cursada. Las clases siempre fueron de muy alta calidad. También quería agradecer a todos aquellos con quienes compartí la cursada de la maestría y muy especialmente al grupo de personas con quienes llevé a cabo la mayor parte de los trabajos prácticos y con quienes ocupamos muchos fines de semana trabajando con esfuerzo y alegría. Gracias a Josefina Aries, Rodrigo Etchemendy Ratto y Mariano Traina di Vita.

Otra persona a quien debo agradecer es Gustavo Maddonni, quien me permitió dedicar horas de trabajo a terminar esta tesis dentro del marco de los estudios doctorales y siempre estuvo pendiente de mi progreso. Muchas gracias, Gus.

Gracias Jorge Alperovich por tu escucha y por tu sabiduría. Me permitieron crecer.

Por último, agradezco a mis padres, mis hermanos y a mis amigos por acompañarme en el camino de la vida.

DECLARACIÓN

“Declaro que el material incluido en esta tesis es, a mi mejor saber y entender, original, producto de mi propio trabajo (salvo en la medida en que se identifique explícitamente las contribuciones de otros), y que este material no ha sido presentado, en forma parcial o total, como una tesis en esta u otra institución”.

Diego Hernán Rotili

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	XVIII
ABSTRACT	XX
CAPÍTULO 1 Introducción general y objetivos	1
1.1. Planteo del problema.....	2
1.2. Objetivos	6
1.3. Estructura del trabajo	7
CAPÍTULO 2 La relación entre la producción científica y de grano en los principales países productores	9
2.1. Introducción	10
2.2. Metodología	11
2.3. Resultados	13
2.4. Discusión.....	21
CAPÍTULO 3 Cuantificación de la oferta de las organizaciones argentinas de I&D agropecuaria	27
3.1. Introducción	28
3.2. Metodología	28
3.3. Resultados	30
3.4. Discusión.....	38
CAPÍTULO 4 Caracterización disciplinaria y temática de la oferta del sistema argentino de I&D agropecuaria	43
4.1. Introducción	44
4.2. Metodología	45
4.3. Resultados	46
4.4. Discusión.....	51
CAPÍTULO 5 Caracterización de la demanda de conocimiento aplicado a la producción agropecuaria primaria en Argentina	56
5.1. Introducción	57
5.2. Metodología	58
5.3. Resultados	59
5.4. Discusión.....	66
CAPÍTULO 6 Discusión general	70
6.1. Contexto de la problemática abordada.....	71
6.2. Aportes al conocimiento	72
6.3. Limitaciones del análisis realizado	74
6.4. Futuras líneas de investigación	76
Bibliografía	78
Anexos	85
Anexo I	86
Anexo II	88
Anexo III	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Producción científica indexada por bases de datos de creciente restricción de calidad: CAB Abstracts (amplio rango de revistas), Scopus (revistas de alta calidad) y SCI (revistas de muy alta calidad) por cultivo en los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2013.	16
Tabla 2.2. Promedio de citas por artículo y porcentaje de artículos no citados por cultivo en los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2013. Los datos de publicaciones se obtuvieron de Scopus.	17
Tabla 3.1. Publicaciones y porcentaje del total de publicaciones en las cuales organizaciones de cada país extranjero colaboró en la autoría con organizaciones argentinas para trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2018. Se muestra también para cada cultivo el número y porcentaje de publicaciones en las cuales los autores fueron únicamente argentinos. Los datos de publicaciones se obtuvieron de Scopus. Se detallan únicamente los diez países con mayor proporción de coautorías por cultivo. El resto de los países coautores integran el grupo “Otros”.	30
Tabla 3.2. Participación sobre el total de publicaciones (% 1 ^{er} autor o coautor / Totales) y proporción de trabajos publicados como primer autor (% 1 ^{er} autor / Totales) de las organizaciones argentinas de I&D agropecuaria entre 2000 y 2018 para los cultivos de trigo (n = 1410), maíz (n = 1227), soja (n = 1674) y girasol (n = 870). Se detallan únicamente las quince organizaciones con mayor participación sobre el total de publicaciones por cultivo, con el resto de las organizaciones integrando el grupo “Otros”. Los datos de publicaciones se obtuvieron de Scopus.	33
Tabla 3.3. Participación sobre el total de publicaciones como primer autor (% 1 ^{er} autor / Totales) de las universidades nacionales argentinas entre 2000 y 2018 para los cultivos de trigo, maíz, soja y girasol. Se detallan únicamente las diez universidades con mayor participación sobre el total de publicaciones sumadas de los cuatro cultivos, con el resto de las organizaciones (24) integrando el grupo “Otros”. Los datos de publicaciones se obtuvieron de Scopus. N = 3753.	35
Tabla 4.1. Distribución porcentual y tasa de cambio relativa de los trabajos publicados por disciplina de las Ciencias Agropecuarias y Biológicas por investigadores en el mundo y en Argentina entre 2000 y 2018. La clasificación disciplinaria corresponde a la de SCImago. Los datos fueron obtenidos de la base de datos de SCImago. Las disciplinas están ordenadas de mayor a menor distribución porcentual en el mundo.	46
Tabla 5.1. Número de veces totales en que apareció cada uno de los 30 términos más frecuentes en las consultas dentro de las subcategorías “trigo”, “maíz”, “soja” y “girasol” de Agroconsultas Online entre febrero de 2011 y octubre de 2019.	63
Tabla A2.1. Palabras del título, resumen o palabras clave de las publicaciones de autores argentinos de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2018 que fueron eliminadas para realizar el análisis mediante VOSviewer.	88
Tabla A2.2. Agrupación en <i>clusters</i> de los temas en las publicaciones de investigadores argentinos en maíz entre 2000 y 2018 en trigo. Los datos fueron obtenidos de Scopus.	90
Tabla A2.3. Agrupación en <i>clusters</i> de los temas en las publicaciones de investigadores argentinos en maíz entre 2000 y 2018 en maíz. Los datos fueron obtenidos de Scopus.	93
Tabla A2.4. Agrupación en <i>clusters</i> de los temas en las publicaciones de investigadores argentinos en maíz entre 2000 y 2018 en soja. Los datos fueron obtenidos de Scopus.	95

Tabla A2.5. Agrupación en <i>clusters</i> de los temas en las publicaciones de investigadores argentinos en maíz entre 2000 y 2018 en girasol. Los datos fueron obtenidos de Scopus.	101
Tabla A2.6. Valor estimado, Error Estándar, valor T y p-valor de la pendiente de la regresión de la cantidad de ocurrencias de cada término relativo a la media de ese término en publicaciones de trigo en Scopus entre 2000 y 2018. Se resaltaron en negrita los términos con pendientes significativamente diferentes a cero.....	103
Tabla A2.7. Valor estimado, Error Estándar, valor T y p-valor de la pendiente de la regresión de la cantidad de ocurrencias de cada término relativo a la media de ese término en publicaciones de maíz en Scopus entre 2000 y 2018. Se resaltaron en negrita los términos con pendientes significativamente diferentes a cero.....	104
Tabla A2.8. Valor estimado, Error Estándar, valor T y p-valor de la pendiente de la regresión de la cantidad de ocurrencias de cada término relativo a la media de ese término en publicaciones de soja en Scopus entre 2000 y 2018. Se resaltaron en negrita los términos con pendientes significativamente diferentes a cero.....	106
Tabla A2.9. Valor estimado, Error Estándar, valor T y p-valor de la pendiente de la regresión de la cantidad de ocurrencias de cada término relativo a la media de ese término en publicaciones de girasol en Scopus entre 2000 y 2018. Se resaltaron en negrita los términos con pendientes significativamente diferentes a cero.....	107
Tabla A3.1. Listado de todas las disciplinas (categorías) definidas por Agroconsultas Online para realizar las consultas a expertos.	109
Tabla A3.2. Agrupación en <i>clusters</i> de los temas consultados en Agroconsultas Online (2011-2019) en Trigo.....	110
Tabla A3.3. Agrupación en <i>clusters</i> de los temas consultados en Agroconsultas Online (2011-2019) en Maíz.....	110
Tabla A3.4. Agrupación en <i>clusters</i> de los temas consultados en Agroconsultas Online (2011-2019) en Soja.....	111
Tabla A3.5. Agrupación en <i>clusters</i> de los temas consultados en Agroconsultas Online (2011-2019) en Girasol.	112
Tabla A3.6. Agrupación en <i>clusters</i> de los temas consultados en Agroconsultas Online (2011-2019) en todos los cultivos en conjunto.	112

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.1.** Fases del desarrollo competitivo de los países. Basado en Porter (1990). 3
- Figura 1.2.** Respuesta de la ganancia en rendimiento de maíz al rendimiento medio para diferentes países en (a) $\text{kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, y en (b) $\% \text{ año}^{-1}$. AR: Argentina; BR: Brasil; CA: Canadá; CH: China; FR: Francia; IN: India; INDO: Indonesia; MX: Mexico; SA: Sudáfrica; NI: Nigeria; UKR: Ucrania; US: Estados Unidos. Las líneas representan los modelos que mejor correlacionan con los puntos. En (a) no se incluye a China. Fuente: Otegui et al., 2014. 5
- Figura 2.1.** Relación entre el promedio anual de los artículos totales publicados por país para los cultivos de trigo, maíz, soja y girasol en 2012 y 2013 y el gasto en I&D agropecuaria en 2011 (en millones de U\$S base año 2009). Los datos de artículos publicados se obtuvieron de CAB Abstracts; los datos de gasto en I&D agropecuaria se obtuvieron de Pardey et al. (2016). $R^2 = 0,86$; $p < 0,0001$ 13
- Figura 2.2.** Proporción de la producción científica *versus* la proporción de la producción de grano para los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2013. El número de artículos publicados se obtuvo de CAB Abstracts. La línea punteada indica la relación 1:1. 14
- Figura 2.3.** Proporción de la producción científica *versus* la proporción del área cosechada por país para los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2013. El número de artículos publicados se obtuvo de CAB Abstracts. La línea punteada indica la relación 1:1. 15
- Figura 2.4.** Producción científica relativa a la del país con la mayor producción científica *versus* el rendimiento relativo al del país con el mayor rendimiento por país para los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2013. El número de artículos publicados se obtuvo de CAB Abstracts. La línea punteada indica la relación 1:1. 16
- Figura 2.5.** Tasa de cambio relativa del rendimiento (año^{-1}) *versus* tasa de cambio relativa de la producción de grano (año^{-1}) por cultivo en los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2013. Nótese que los valores de los ejes difieren entre cultivos. Se puede distinguir si los cambios en la producción se debieron principalmente a cambios en el rendimiento (puntos en torno a la línea 1:1) o a cambios en el área cosechada, ya sea por su disminución (puntos por encima de la línea 1:1) o por su aumento (puntos por debajo de la línea 1:1) 19
- Figura 2.6.** Tasa de cambio relativa de las publicaciones de alta calidad (Scopus) *versus* tasa de cambio relativa de las publicaciones en un amplio rango de revistas (CAB Abstracts) por cultivo (1 año^{-1}) en los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2013. 20
- Figura 2.7.** Relación entre: a) el CV de la producción de grano por país y las publicaciones anuales por país y b) la tasa de cambio relativa de la producción de grano por país (año^{-1}) y las publicaciones anuales por país en los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2013. Las publicaciones se obtuvieron de CAB Abstracts. El modelo de ajuste en a) y b) fue $y = a + b * x * (x < c) + b * c * (x > c)$. En a) los valores de los parámetros fueron: $a = 0,59$; $b = -0,0105$; $c = 38,9$; $R^2 = 0,56$. En b) los valores de los parámetros fueron: $a = 0,1709$; $b = -0,004943$; $c = 8,763$; $R^2 = 0,41$ 21
- Figura 3.1.** Recuento del número de organizaciones argentinas a las que se les llamó de una o más formas distintas en las publicaciones de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2018. Los datos de publicaciones se obtuvieron de Scopus. 32

Figura 3.2. Distribución de los trabajos publicados entre 2000 y 2018 por las organizaciones centrales de I&D agropecuaria en Argentina en el cultivo de trigo. Universidad = todas las universidades nacionales. Se muestran las autorías en solitario y las colaboraciones entre dos (p. ej. = Universidad – CONICET) o tres (Universidad – INTA – CONICET) organizaciones. Los datos de publicaciones se obtuvieron de Scopus.....	36
Figura 3.3. Distribución de los trabajos publicados entre 2000 y 2018 por las organizaciones centrales de I&D agropecuaria en Argentina en el cultivo de maíz. Universidad = todas las universidades nacionales. Se muestran las autorías en solitario y las colaboraciones entre dos (p. ej. = Universidad – CONICET) o tres (Universidad – INTA – CONICET) organizaciones. Los datos de publicaciones se obtuvieron de Scopus.....	36
Figura 3.4. Distribución de los trabajos publicados entre 2000 y 2018 por las organizaciones centrales de I&D agropecuaria en Argentina en el cultivo de soja. Universidad = todas las universidades nacionales. Se muestran las autorías en solitario y las colaboraciones entre dos (p. ej. = Universidad – CONICET) o tres (Universidad – INTA – CONICET) organizaciones. Los datos de publicaciones se obtuvieron de Scopus.....	37
Figura 3.5. Distribución de los trabajos publicados entre 2000 y 2018 por las organizaciones centrales de I&D agropecuaria en Argentina en el cultivo de girasol. Universidad = todas las universidades nacionales. Se muestran las autorías en solitario y las colaboraciones entre dos (p. ej. = Universidad – CONICET) o tres (Universidad – INTA – CONICET) organizaciones. Los datos de publicaciones se obtuvieron de Scopus.....	38
Figura 4.1. Mapa de temas más presentes en las publicaciones de investigadores argentinos en trigo entre 2000 y 2018. Temas con el mismo color (<i>cluster</i>) co-ocurrieron en los mismos trabajos. Los datos fueron obtenidos de Scopus. El mapa fue generado mediante VOSviewer. El detalle de los términos incluidos en cada <i>cluster</i> se muestra en la Tabla A2.2.....	48
Figura 4.2. Mapa de temas más presentes en las publicaciones de investigadores argentinos en maíz entre 2000 y 2018. Temas con el mismo color (<i>cluster</i>) co-ocurrieron en los mismos trabajos. Los datos fueron obtenidos de Scopus. El mapa fue generado mediante VOSviewer. El detalle de los términos incluidos en cada <i>cluster</i> se muestra en la Tabla A2.3.....	49
Figura 4.3. Mapa de temas más presentes en las publicaciones de investigadores argentinos en soja entre 2000 y 2018. Temas con el mismo color (<i>cluster</i>) co-ocurrieron en los mismos trabajos. Los datos fueron obtenidos de Scopus. El mapa fue generado mediante VOSviewer. El detalle de los términos incluidos en cada <i>cluster</i> se muestra en la Tabla A2.4.....	50
Figura 4.4. Mapa de temas más presentes en las publicaciones de investigadores argentinos en girasol entre 2000 y 2018. Temas con el mismo color (<i>cluster</i>) co-ocurrieron en los mismos trabajos. Los datos fueron obtenidos de Scopus. El mapa fue generado mediante VOSviewer. El detalle de los términos incluidos en cada <i>cluster</i> se muestra en la Tabla A2.5.....	50
Figura 5.1. Cambio de la cantidad de consultas anuales en las subcategorías “trigo”, “maíz”, “soja” y “girasol” de Agroconsultas Online entre febrero de 2011 y octubre de 2019.....	60
Figura 5.2. Distribución porcentual por categorías de las consultas dentro de la subcategoría “trigo” de Agroconsultas Online entre febrero de 2011 y octubre de 2019.	

n = 1245. Dentro de “Otras” se incluyen Calidad de semillas, Fecha de siembra y Calidad comercial.....	61
Figura 5.3. Distribución porcentual por categorías de las consultas dentro de la subcategoría “maíz” de Agroconsultas Online entre febrero de 2011 y octubre de 2019. n = 1958. Dentro de “Otras” se incluyen Calidad comercial, Calidad de semillas, Densidad y distanciamiento y Fecha de siembra.	62
Figura 5.4. Distribución porcentual por categorías de las consultas dentro de la subcategoría “soja” de Agroconsultas Online entre febrero de 2011 y octubre de 2019. n = 33355. Dentro de “Otras” se incluyen Densidad y distanciamiento, Fecha de siembra y Calidad de semillas.	62
Figura 5.5. Distribución porcentual por categorías de las consultas dentro de la subcategoría “girasol” de Agroconsultas Online entre febrero de 2011 y octubre de 2019. n = 428. Dentro de “Otras” se incluyen Calidad comercial y Calidad de semillas.....	63
Figura 5.6. Mapa de relaciones entre los temas más presentes en las consultas dentro de la subcategoría “trigo” de Agroconsultas Online entre febrero de 2011 y octubre de 2019. Temas con el mismo color (<i>cluster</i>) co-ocurrieron en las mismas consultas. El mapa fue generado mediante VOSviewer. El detalle de los términos incluidos en cada <i>cluster</i> se muestra en la Tabla A3.2.	65
Figura 5.7. Mapa de relaciones entre los temas más presentes en las consultas dentro de la subcategoría “maíz” de Agroconsultas Online entre febrero de 2011 y octubre de 2019. Temas con el mismo color (<i>cluster</i>) co-ocurrieron en las mismas consultas. El mapa fue generado mediante VOSviewer. El detalle de los términos incluidos en cada <i>cluster</i> se muestra en la Tabla A3.3.	65
Figura 5.8. Mapa de relaciones entre los temas más presentes en las consultas dentro de la subcategoría “soja” de Agroconsultas Online entre febrero de 2011 y octubre de 2019. Temas con el mismo color (<i>cluster</i>) co-ocurrieron en las mismas consultas. El mapa fue generado mediante VOSviewer. El detalle de los términos incluidos en cada <i>cluster</i> se muestra en la Tabla A3.4.	65
Figura 5.9. Mapa de relaciones entre los temas más presentes en las consultas dentro de la subcategoría “girasol” de Agroconsultas Online entre febrero de 2011 y octubre de 2019. Temas con el mismo color (<i>cluster</i>) co-ocurrieron en las mismas consultas. El mapa fue generado mediante VOSviewer. El detalle de los términos incluidos en cada <i>cluster</i> se muestra en la Tabla A3.5.	66
Figura 5.10. Mapa de relaciones entre los temas más presentes en el conjunto de las consultas de las subcategorías “trigo”, “maíz”, “soja” y “girasol” de Agroconsultas Online entre febrero de 2011 y octubre de 2019. Temas con el mismo color (<i>cluster</i>) co-ocurrieron en las mismas consultas. El mapa fue generado mediante VOSviewer. El detalle de los términos incluidos en cada <i>cluster</i> se muestra en la Tabla A3.6.	66
Figura A1.1 Producción de grano y producción científica media anual de los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2013. Las barras verticales indican el error estándar.....	86
Figura A1.2. Rendimiento medio y área cosechada anuales en los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2013. Las barras verticales indican el error estándar.....	87

ÍNDICE DE ECUACIONES

$Prop 1_i = \frac{Publi\ 1er\ o\ coautor_i}{Publi\ totales}$	Ecuación (3.1)30
$Prop 2_j = \frac{Publi\ 1er_j}{Publi\ totales}$	Ecuación (3.2)30
$Prop 3_k = \frac{Publi\ 1er\ universidad_k}{\sum Publi\ 1er\ universidades}$	Ecuación (3.3)30
$Prop 4_l = \frac{Publi\ 1er\ org\ central_l}{\sum Publi\ 1er\ org\ centrales}$	Ecuación (3.4)31
$Prop 5 = \frac{Publi\ compartidas\ 1er\ org\ central}{\sum Publi\ 1er\ org\ centrales}$	Ecuación (3.5)31

RESUMEN

Características de la investigación científica y tecnológica del sector agropecuario argentino: análisis sobre trigo, maíz, soja y girasol

La producción agropecuaria de un país se nutre de los avances producidos por su sistema científico-tecnológico. El objetivo de esta tesis fue caracterizar el sistema científico-tecnológico agropecuario argentino y relacionarlo con la producción de trigo, maíz, soja y girasol. A partir de bases de datos bibliográficas se cuantificaron la cantidad y la calidad de artículos publicados sobre esos cultivos entre 2000 y 2013 por los principales países productores de grano, incluida Argentina. Se relacionó la producción de artículos con el gasto público destinado a investigación y desarrollo (I&D) agropecuario y con la producción de grano. Se cuantificaron los artículos publicados, las disciplinas y los temas más estudiados por organizaciones argentinas entre 2000 y 2018. A partir de la base de datos de una página web de alta difusión con consultas a investigadores se determinaron las disciplinas y temas demandados por productores primarios entre 2011 y 2019. La producción científica aumentó con el gasto en I&D agropecuaria. Argentina gastó relativamente poco, pero con una eficiencia promedio. Argentina produjo ciencia acorde con su posicionamiento como productor de grano en trigo, maíz y girasol. En cambio, produjo mucha soja con bajo correlato en publicaciones científicas. Su posición como actor científico subió cuando se ponderaron los trabajos por calidad. Las universidades nacionales como un conjunto fueron la organización de mayor producción científica. Cuando se individualizaron las universidades, el CONICET lideró la producción científica, seguido por el INTA y la UBA, con baja participación del sector privado. Ecología fue la disciplina más estudiada seguida por las Ciencias Animales y de las Plantas. Los temas más estudiados difirieron entre cultivos y los que más crecieron fueron el rendimiento, las enfermedades y la calidad. Los estudios sobre labranza convencional disminuyeron. El control de adversidades dominó las demandas, con menor frecuencia para nutrición, ecofisiología y manejo de cultivos.

Palabras clave: ciencias agropecuarias, cultivos extensivos, publicaciones científicas, demanda de conocimiento, bibliometría.

ABSTRACT

The scientific and technological research system in the agricultural sector of Argentina: an analysis on wheat, maize, soybean and sunflower

The agricultural production of a country is nourished by the advances of its scientific and technological system. The objective of this thesis was to characterize the agricultural scientific and technological research system of Argentina and to relate it to the production of wheat, maize, soybean and sunflower. The thesis (1) quantifies the quality and quantity of published articles on those crops between 2000 and 2013 by the main grain producing countries, including Argentina; (2) relates article production with public expenditure on agricultural research and development (R&D) and with grain production; (3) characterizes Argentine article production between 2000 and 2018 by disciplines, themes within them, and research organization; (4) describes the disciplines and themes demanded by Argentinean farmers and professional advisers between 2011 and 2019. Scientific production increased with agricultural R&D expenditure. Argentina's expenditure was relatively low, but with an average efficiency. Argentina produced science according with its grain-production positioning in wheat, maize and sunflower. By contrast, a high soybean grain production was not paired with a similar knowledge production. Its position as a scientific actor ascended when the articles were weighted based on their quality. Together, the national universities were the organization with the highest scientific production. When universities were considered separately, the Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) led the scientific production, followed by Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) and Universidad de Buenos Aires (UBA), with low participation of the private sector. Ecology was the most studied discipline, followed by the Animal and Plant Sciences. The most studied themes differed among crops and the ones that increased the most were grain yield, diseases and quality. The studies on conventional tillage decreased. Adversity control dominated the demands, followed by crop nutrition, ecophysiology and management.

Keywords: agricultural sciences, extensive crops, scientific publications, knowledge demand, bibliometrics.

Introducción general y objetivos

1.1. Planteo del problema

1.1.1. El desarrollo y la actividad de investigación y desarrollo

La humanidad atravesó la era postindustrial, de una economía basada principalmente en productos hacia otra basada en servicios (Bell, 1973). La sociedad de la era post-industrial es la “Sociedad del Conocimiento” (Drucker, 1969) basada en la “Economía del conocimiento”. El conocimiento se ha convertido en la fuente principal de innovación y el punto de partida de los programas de desarrollo económico. Se promueven el progreso tecnológico y la evaluación de la tecnología. Se ha creado una nueva “tecnología intelectual” como base de los procesos de decisión. Esta tecnología intelectual se nutre de la actividad de investigación y desarrollo (I&D) (Delgado et al., 2013): el trabajo creativo llevado a cabo de manera sistemática con el fin de incrementar el capital de conocimiento, incluyendo el conocimiento del ser humano, la cultura y la sociedad, y el uso de este capital de conocimiento para idear nuevas aplicaciones (OECD, 2015). Es decir, la I&D es un proceso organizado de creación, producción, difusión y aplicación de conocimiento (Wang, 2010).

La inversión en I&D aumenta la productividad (PBI / trabajadores activos) de un país y promueve su progreso tecnológico (Coccia, 2009). Los países difieren en su nivel de inversión pública destinado a I&D, así como en su producción de conocimiento (May, 1997; King, 2004; Albarrán et al., 2010). Los países más desarrollados destinan una mayor proporción de su PBI a I&D que los menos desarrollados (May, 1997). Los países con mayor inversión en I&D han podido adaptarse exitosamente a la transición hacia la nueva era del conocimiento a través de innovaciones de procesos, bienes y servicios (Rogel y Mercado Salgado, 2011) que aumentaron la productividad y la producción a largo plazo (Zachariadis, 2004). En los países menos desarrollados, la actividad del sector agropecuario contribuye sensiblemente a su producto bruto interno (PBI) y a la generación de divisas por exportaciones (Semmartin et al., 2012). Paradójicamente, sus sistemas de I&D muestran síntomas de baja inversión.

La productividad y el desempeño del sector agropecuario de un país dependen de sus características edáficas y climáticas, el grado de apertura económica, la infraestructura de almacenamiento y transporte y la adopción de tecnologías (genética, fertilización, riego, etc.). La estabilidad del ambiente institucional de un país (North, 1990; Williamson, 2000) influye sobre el desarrollo y las políticas públicas de I&D, con especial impacto sobre el sector agropecuario (Karantininis y Zylbersztajn, 2007). Los países menos desarrollados suelen presentar un ambiente institucional caracterizado por perturbaciones constantes (impuestos o restricciones a la exportación, protección de la propiedad intelectual poco clara, baja aplicación de las leyes), un perjudicial predominio de los controles por sobre los incentivos (Williamson, 1984) y mecanismos de recompensas y castigos no alineados para maximizar el uso de los recursos (Ménard, 1995).

Los países se encuentran en distintas fases de desarrollo competitivo que reflejan el peso relativo de las características recientemente mencionadas y que determinan la ventaja de las empresas de un país en la competencia internacional (Porter, 1990). Estas fases responden a “fuerzas impulsoras” diferentes: la “impulsada por los factores”, la “impulsada por la inversión” y la “impulsada por la innovación”. Los países más desarrollados se ubican en la fase “impulsada por la innovación”. En estos últimos se estimulan las innovaciones, crece el refinamiento de las universidades, de las instalaciones de investigación y de la infraestructura existente, junto a muchos otros mecanismos complejos que interactúan entre sí. En cambio, los países menos desarrollados se encuentran en la fase inicial (“impulsada por los factores”) y basan su ventaja principalmente en los factores

básicos de producción (recursos naturales, condiciones de cultivo favorables; Figura 1.1; Porter, 1990).

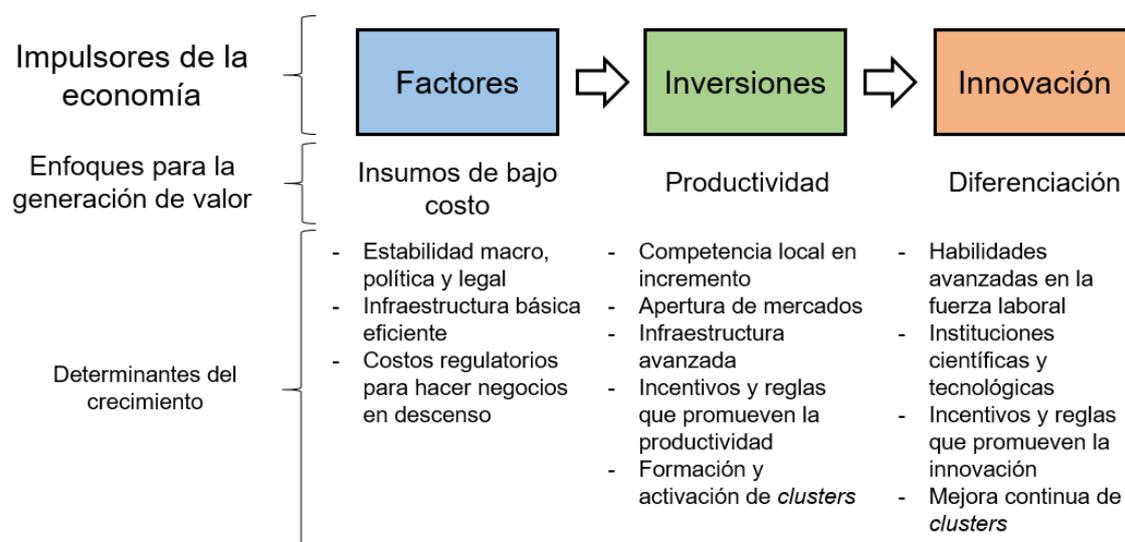


Figura 1.1. Fases del desarrollo competitivo de los países. Basado en Porter (1990).

Los patrones descritos determinan situaciones extremas de países desarrollados y de alta estabilidad institucional con alto desempeño de I&D agropecuaria, pero baja participación de lo agropecuario en el PBI y países muy poco desarrollados, con bajísima I&D agropecuaria pero alta relevancia de lo agropecuario en el PBI. En medio, se encuentran “economías emergentes”, como Argentina, Brasil, China, India y Rusia, entre otros (Dow Jones, 2010), que se espera jueguen un rol preponderante en la economía global durante el siglo XXI. Algunos de estos países tienen características de suelo y clima excepcionales que determinan evidentes ventajas comparativas para la producción de alimentos (fase impulsada por factores), además de haber adoptado rápidamente tecnologías provenientes de países más desarrollados (Benech-Arnold et al., 2012) (incipiente fase impulsada por la innovación). Sin embargo, las tecnologías incorporadas por estos países han sido, en su mayoría, diseñadas en países con gran desarrollo económico e intelectual (Benech-Arnold et al., 2012).

El creciente peso del asesoramiento profesional en las decisiones empresarias, la tecnificación, la abundancia de nuevo conocimiento riguroso, la menor rentabilidad de las explotaciones y la necesidad de mitigar o evitar problemas ambientales derivados de prácticas agronómicas deficientes han incrementado la importancia del conocimiento científico y tecnológico local en la producción agropecuaria (Oosterheld et al., 2002). La generación de conocimiento agropecuario en un país es una vía a través de la cual el impacto de otros factores como el nivel de tecnología aplicada puede comprenderse mejor y conducirse ya no sólo como tecnologías per se, sino como “tecnologías del conocimiento” que incorporan aspectos de la variabilidad climática, la rotación de cultivos, el uso eficiente de los recursos y la agricultura por ambientes como aspectos esenciales dentro de la planificación y el manejo de los sistemas productivos (Satorre, 2009).

1.1.2. Relación entre la I&D y los indicadores de desempeño agrícola

La producción total es una medida (dentro de muchas otras) del posicionamiento competitivo de un país en el mercado internacional de un cultivo. La producción nacional de grano de trigo (*Triticum aestivum* L.), maíz (*Zea mays* L.), soja (*Glycine max* L.) y girasol (*Helianthus annuus* L.) de distintos países entre los años 2000 y 2005, se correlacionó

positivamente con la cantidad de publicaciones sobre cada cultivo en revistas científicas (Semmartin et al., 2012). Sin embargo, los países desarrollados contribuían en mayor proporción a la generación de conocimiento relativa a un cultivo que a la producción de grano, mientras que los menos desarrollados (con algunas excepciones en ciertos cultivos) producían proporcionalmente más grano que conocimiento (Semmartin et al., 2012).

El desempeño de Argentina varió entre cultivos. Entre 2000 y 2005, Argentina era el tercer productor mundial de grano de soja y maíz, pero su producción científica sobre esos cultivos se encontraba muy por debajo de ese puesto. En cambio, en el caso del girasol, el país ocupaba puestos de liderazgo en producción de grano y conocimiento (segundo y tercero, respectivamente). Finalmente, en el caso del trigo, la producción nacional tanto en grano como en conocimiento era muy pequeña en relación con el total mundial. Por otro lado, Argentina presentaba la mayor parte de sus publicaciones científicas en revistas indizadas, algo similar a lo que sucede en los países desarrollados (Semmartin et al., 2012).

El estudio mencionado sólo comparó la producción de conocimiento y de grano, sin profundizar en los componentes de la producción de grano: el área cosechada (ha) y el rendimiento promedio por unidad de superficie (tn/ha). El área cosechada mundial se ha expandido durante la segunda mitad del siglo XX, particularmente en países en vías de desarrollo (Paruelo et al., 2005) aunque con variaciones entre cultivos y países. En Argentina, Uruguay y el sur de Brasil, en particular, el área cosechada se continuó expandiendo durante los primeros quince años del siglo XXI (Baeza y Paruelo, 2020). En Argentina, los cambios en los sistemas de producción (ej. de agricultura convencional a siembra directa) a través de la incorporación de tecnologías innovadoras, colaboraron a la expansión del área cosechada (Satorre, 2009). Muchos países tienen menor posibilidad de expandir su área cosechada, ya sea por condiciones agroecológicas, expansión de áreas urbanas y/o tendencia a destinar tierras a la producción de servicios ecosistémicos diferentes de la producción agropecuaria (Lubowski et al., 2006). La manera de aumentar la producción agropecuaria de estos países ha sido el aumento de los rendimientos por unidad de superficie. Estos mayores rendimientos derivan de mejoras a nivel genético y agronómico (Slafer, 1994; Lee y Tollenaar, 2007).

La tasa anual de aumento del rendimiento varía entre países. Usando como ejemplo el maíz, esta tasa se relaciona con el rendimiento medio de manera curvilínea (Figura 1.2A). Los países con bajos rendimientos medios tienen baja tasa de aumento (ej. India), los de rendimientos medio tienen máximas tasas de aumento (ej. Argentina) y los de rendimiento alto tienen tasas intermedias (ej. Estados Unidos). Por fuera de este patrón se ubica China, que a pesar de tener rendimientos intermedios presenta una tasa de aumento muy baja. Cuando estos valores se toman en sentido relativo (Figura 1.2B), se encuentran dos líneas de comportamiento diferenciadas a lo largo de las cuales se ubican los grupos de países que podrían mostrar similares grados de desarrollo del sistema de investigación (Figura 1.2; Otegui et al., 2014).

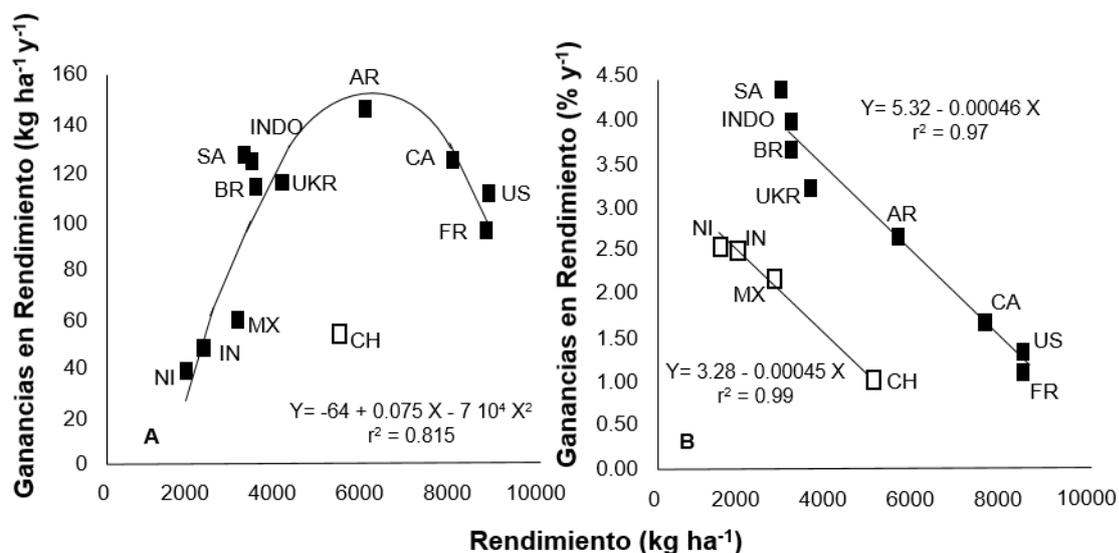


Figura 1.2. Respuesta de la ganancia en rendimiento de maíz al rendimiento medio para diferentes países en (a) kg ha⁻¹ año⁻¹, y en (b) % año⁻¹. AR: Argentina; BR: Brasil; CA: Canadá; CH: China; FR: Francia; IN: India; INDO: Indonesia; MX: México; SA: Sudáfrica; NI: Nigeria; UKR: Ucrania; US: Estados Unidos. Las líneas representan los modelos que mejor correlacionan con los puntos. En (a) no se incluye a China. Fuente: Otegui et al., 2014.

1.1.3. Los sistemas de investigación, la oferta y la demanda de conocimiento

La descripción de un sistema económico (como el de la “Economía del conocimiento”) debe hacerse desde las dos partes que efectúan los intercambios: oferta y demanda. La oferta se puede caracterizar desde diferentes aspectos, de los cuales tres son muy importantes: i) la eficiencia en el uso de los recursos destinados a la producción, ii) las organizaciones que la componen y iii) los productos que se ofrecen.

A pesar de que un mayor gasto en I&D genera mayor productividad del sistema de investigación y desarrollo, esta relación no es lineal, ya que existe un óptimo en la eficiencia del uso de los recursos destinados cuando el gasto de un país se ubica entre el 2,3% y 2,6% del PBI (Coccia, 2009). También existen diferencias en la eficiencia de uso de los recursos entre países que gastan lo mismo en I&D. Sería de interés comparar la eficiencia actual de los diferentes países para producir conocimiento en términos de dinero gastado en I&D agropecuaria.

Respecto a la descripción de las organizaciones que componen el sistema de I&D agropecuaria, debe tenerse en cuenta que una organización es toda entidad social que está dirigida a una meta, diseñada como un sistema de actividades estructuradas y coordinadas en forma deliberada y vinculada al entorno (Daft, 2010). Algunos países desarrollan organizaciones públicas formales exclusivamente dedicadas a la investigación (ej.: Francia y Alemania). Otros se enfocan en universidades públicas, que no se dedican únicamente a la investigación (ej.: Estados Unidos, Gran Bretaña, Suecia) (May, 1997). Esta segunda estructura organizacional es más eficiente en términos de conocimiento producido por recursos recibidos (May, 1997), además de generar una mayor transmisión de conocimiento, tecnologías y formación de capital humano, lo que se conoce como “impacto dinámico de la generación del conocimiento” (Martin, 1998).

En Argentina, el único estudio hasta la fecha (Oesterheld et al., 2002) encontró que, hacia fines de los años 90, la mayor parte de la investigación científica y tecnológica en ciencias agropecuarias se llevaba adelante en las facultades de agronomía de las

universidades nacionales y algunos institutos de investigación del CONICET dedicados al tema. Otra parte era llevada a cabo en el INTA, en facultades no agronómicas de las universidades nacionales (veterinaria, biología, farmacia, química, etc.), en institutos del CONICET dedicados a otros temas y en organismos públicos provinciales. La producción científica y tecnológica formal en ciencias agropecuarias que provenía de universidades o empresas privadas medida a través de la producción de artículos científicos con referato era escasa. No obstante, no está claro si las inversiones en I&D de los sectores público y privado son “complementarias” o “sustitutas”, es decir, si se suman o, por el contrario, se vacían mutuamente (David et al., 2000). Sí existe evidencia de que los países en los cuales existe mayor apoyo directo de los gobiernos (financiación directa y beneficios impositivos) se estimula a la investigación privada en mayor medida que en aquellos que no (Guellec y Van Pottelsberghe de la Potterie, 2003). A esto se suma que el sector privado también ha colaborado de forma creciente con la I&D realizada en las instituciones de investigación, mediante financiamiento directo y convenios, teniendo como resultado una mayor producción de conocimiento tanto a nivel universitario como también dentro de la industria, como un ejemplo de retroalimentación (Berman, 1990). Los cambios institucionales de los primeros años del siglo XXI pueden suponer que la estructura del sistema de producción de conocimiento agropecuario argentino haya cambiado, algo que no ha sido estudiado.

La cantidad y calidad de los productos (conocimiento) ofrecidos por un sistema de investigación no son lo único importante, sino que también lo es la agenda de investigación, definida por el grado de desarrollo de diferentes disciplinas (May, 1997; King, 2004). Por un lado, porque los países difieren en la producción de conocimiento científico formal entre disciplinas dentro del sector agropecuario (Sagar et al., 2013). Por otro lado, porque el desarrollo del conocimiento y la tecnología en el sector agropecuario puede encontrarse aislado de los lugares en que se aplican (actividad productiva). Adicionalmente, la escasez de arreglos y articulaciones institucionales adecuados para el intercambio entre oferta y demanda puede dificultar el acuerdo de agendas de investigación. En consecuencia, la oferta disciplinaria de conocimiento (en publicaciones científicas) puede verse desacoplada de la demanda de conocimiento. La necesidad de apropiación del conocimiento por parte de los actores de la producción podría ser, de este modo, una fuerza que traccione la generación de conocimiento diferencial entre disciplinas para su posterior aplicación en términos prácticos.

Una adecuada caracterización de la demanda de conocimiento de los actores de la producción agropecuaria primaria y de la oferta de conocimiento formal (disciplinas y temáticas de las publicaciones científicas) e informal (satisfacción directa de demandas de aplicación práctica a la producción en forma de productos no tangibles) ayudaría a conocer la asociación entre la demanda y la oferta de conocimiento y los posibles puntos de mejora en esta parte del sistema de agronegocios de los cultivos de granos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

El objetivo general de esta tesis fue *caracterizar el sistema argentino de investigación científica y tecnológica agropecuaria y describir su relación con el comportamiento de la producción y la productividad de los cultivos de trigo, maíz, soja y girasol.*

1.2.2. Objetivos Específicos

i) Estudiar la relación entre la cantidad y calidad de artículos científicos publicados y los valores de producción, área cosechada y rendimiento de cada uno de los cuatro cultivos mencionados para los principales productores a nivel mundial.

ii) Analizar la relación entre la producción de conocimiento y las tasas de crecimiento de la producción, área cosechada y rendimiento de cada uno de los cuatro cultivos mencionados.

iii) Describir la oferta del sistema argentino de I&D agropecuaria desde las organizaciones que lo componen.

iv) Describir la oferta del sistema argentino de I&D agropecuaria desde las disciplinas y los temas estudiados.

v) Describir la demanda de conocimiento científico de los actores primarios de la producción agropecuaria en Argentina.

1.3. Estructura del trabajo

El trabajo está estructurado de la siguiente forma:

En el Capítulo 1 se introdujo el problema y se manifestaron el objetivo general del trabajo y los objetivos específicos.

Los Capítulos 2, 3, 4 y 5 corresponden al cuerpo de resultados del trabajo, a través de los cuales se intenta cumplir con el objetivo general. Cada capítulo de resultados también intenta cumplir con alguno/s de los objetivos específicos.

En el Capítulo 2 se estudia la relación entre la producción científica y de grano en los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol. Además, se compara la cantidad y calidad de publicaciones científicas de Argentina en relación con las del resto de los países estudiados.

En el Capítulo 3 la oferta del sistema argentino de I&D agropecuaria se describe desde la cuantificación y caracterización de las organizaciones que lo componen. Las organizaciones se comparan en base a la cantidad de publicaciones científicas producidas y la colaboración en la producción científica.

En el Capítulo 4 la oferta del sistema argentino de I&D agropecuaria se describe desde las disciplinas y los temas estudiados.

En el Capítulo 5 se describe la demanda de conocimiento científico de los actores de la producción primaria agropecuaria en Argentina.

En el Capítulo 6 se realiza una discusión general de los resultados, buscando conectar lo encontrado en los Capítulos 2, 3, 4 y 5. Finalmente, se presentan posibles futuras líneas de investigación derivadas del trabajo.

Los últimos capítulos del trabajo presentan la Bibliografía de referencia y los Anexos a los resultados del trabajo.

La relación entre la producción científica y de grano en los principales países productores

2.1. Introducción

Si bien las ventajas comparativas impulsadas por características agroecológicas permiten a un país posicionarse dentro del mercado mundial, las ventajas competitivas impulsadas por factores de innovación generan las condiciones para un desarrollo sostenible en el largo plazo (Porter, 1990). La actividad de investigación y desarrollo (I&D) es uno de estos factores de innovación y ha desempeñado un papel central en la generación de conocimiento y tecnología agropecuarios (Spiertz, 2014). Aunque existe una creciente inversión del sector privado, la actividad de I&D es principalmente impulsada por inversión del sector público (Pardey et al., 2016). La actividad de I&D ha sido evaluada en términos de inversión y eficiencia para observar la trayectoria pasada y proyectar el camino a recorrer para sostener la competitividad de un país (May, 1997; King, 2004; Coccia, 2009; Albarrán et al., 2010). En particular, cuando en el sector agropecuario se intensifica el uso de estrategias basadas en el conocimiento, los recursos e insumos se usan más eficientemente (Khan et al., 2010; Vanlauwe et al., 2010; Altieri et al., 2012).

La publicación de resultados en revistas con referato es sólo uno de los productos de la investigación (Blake et al., 2002) y su uso para evaluar el resultado de un sistema científico tiene limitaciones (Spinak., 1995), incluso dentro de las ciencias agropecuarias (Ekboir, 2003). Sin embargo, el número y la calidad de las publicaciones científicas son un indicador de relevancia para comparar el desempeño del sistema científico entre y dentro de los países (May, 1997; Lomonte y Ainsworth, 2000; King, 2004; Anastasiadis et al., 2009) y han sido muy utilizados para comparar la producción científica agropecuaria (Pouris, 1989; Garg et al., 2006; Sagar et al., 2013). Más allá de la cantidad de artículos publicados, la cantidad de veces que un artículo fue citado es una medida cuantitativa de la calidad de las publicaciones determinada por la comunidad científica. Además, la cantidad de citas por artículo también determina el impacto (a nivel científico) de una publicación. Por lo tanto, el análisis comparado del desempeño productivo y científico de los principales países agrícolas puede basarse de manera razonable en indicadores de producción de grano y cantidad y calidad de las publicaciones científicas (Semmartin et al., 2012).

Un estudio que abarcó el período 2000-2005 mostró un desacople entre la producción de conocimiento y de grano entre los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol (Semmartin et al., 2012). Este desacople se manifestó por una alta discrepancia entre las contribuciones relativas de un país en materia de producción de grano y producción científica sobre ese cultivo. Los países desarrollados (p.ej., EEUU, Canadá, Francia) producían proporcionalmente mayor conocimiento relativo a la producción física de un cultivo, mientras que los menos desarrollados (p.ej., Argentina, Brasil, China) producían proporcionalmente más grano que conocimiento. Semmartin et al. (2012) también encontraron una correlación positiva entre el dinero utilizado en I&D y la producción de conocimiento por país. Los países desarrollados destinaron más dinero a I&D y publicaron más artículos por año que los no desarrollados.

Hay tres razones por las cuales es de particular interés conocer cómo han evolucionado mundialmente las producciones de conocimiento y de grano desde aquel estudio de Semmartin et al. (2012). Primero, el gasto público en I&D utilizado por Semmartin et al. (2012) comprendía a todos los sectores de la economía, sin discriminar el gasto destinado a I&D del sector agropecuario. Datos recientes indican que la tendencia puede haber cambiado debido a la mayor inversión en I&D agropecuaria de ciertos países que antes se encontraban relegados, como China, Brasil e India (Pardey et al., 2016). Sin embargo, algunos autores han manifestado que la inversión en I&D agropecuaria no siempre se traduce en una mayor cantidad o calidad de trabajos científicos publicados, ya

que depende de hacia qué disciplinas o grupos de trabajo se destinen los fondos (Borrás y Slafer, 2008).

En segundo lugar, Semmartin et al. (2012) no discriminaron los componentes de la producción de grano: área cosechada y rendimiento por unidad de área. Tal discriminación es relevante debido a la creciente expansión a nivel mundial del área cosechada (Paruelo et al., 2005) y las restricciones a la futura expansión (Lubowski et al., 2006). Además, el rendimiento por unidad de área aparece como un componente factible de aumentar considerablemente en la mayoría de los países productores (Cassman et al., 2003).

Finalmente, Semmartin et al. (2012) no exploraron la dinámica temporal de los indicadores de producción científica y agrícola. Los países muestran diferentes tasas de aumento de rendimientos, independientemente de su rendimiento medio, como se ha observado por ejemplo en el cultivo de maíz (Otegui et al., 2014). Países con elevada producción de grano, pero incapaces de incorporar más área a la producción y con altos rendimientos por unidad de superficie probablemente tengan más dificultades para sostener su liderazgo a pesar de tener un sistema científico muy desarrollado. La comparación de las tasas de aumento de rendimiento, área cosechada y producción científica permitiría describir los comportamientos diferenciales de los países productores de una manera más dinámica que la realizada hasta ahora.

En este capítulo se abordaron los dos primeros objetivos específicos de la tesis (i) *estudiar la relación entre la cantidad y calidad de artículos científicos publicados y los valores de producción, área cosechada y rendimiento de cada uno de los cuatro cultivos mencionados para los principales productores a nivel mundial*; y (ii) *Analizar la relación entre la producción de conocimiento y las tasas de crecimiento de la producción, área cosechada y rendimiento de cada uno de los cuatro cultivos mencionados*. Los objetivos particulares del capítulo fueron: i) evaluar la relación de la inversión pública en I&D destinada al sector agropecuario con la producción científica en los cultivos de trigo, maíz, soja y girasol para los principales productores a nivel mundial (y para Argentina en particular); ii) estudiar la relación entre la producción de conocimiento y la producción de grano, discriminando sus componentes (área cosechada y rendimiento) para los cuatro cultivos; iii) analizar la dinámica temporal de la producción de conocimiento y de grano.

2.2. Metodología

La producción científica por país se estimó a partir del número de artículos publicados en revistas científicas incluidas en dos bases de datos bibliográficas: CAB Abstracts (CABI publishing, 2019) y Scopus (Elsevier, 2004). CAB Abstracts es una de las bases de datos más completas y abarcadoras en el área agronómica ya que incluye no solo a las revistas más reconocidas sino también muchas publicaciones locales, escritas en 50 idiomas y con menor circulación. Scopus presenta un rango más restringido de publicaciones que CAB Abstracts, ya que incluye revistas de mayor circulación internacional. La búsqueda en Scopus se restringió a las disciplinas de Ciencias Agrícolas y Biológicas (“Agricultural and Biological Sciences” en inglés) y a Bioquímica, Genética y Biología Molecular (“Biochemistry, Genetics and Molecular Biology” en inglés).

Para cumplir con el primer objetivo de este capítulo, se obtuvo la relación entre la producción científica y el gasto público en I&D agropecuaria de 14 países para los cuales se contó con esa información. La producción científica sobre los cuatro cultivos bajo análisis (trigo, maíz, soja y girasol) fue estimada a partir del promedio anual de las publicaciones totales entre los cuatro cultivos según CAB Abstracts en los años 2012 y 2013. El gasto público en I&D agropecuaria por país se obtuvo de Pardey et al. (2016) para

el año 2011. No se consiguió la información del gasto para otros años, pero el uso tanto del gasto de un año como las publicaciones en dos años como datos orientativos confiables se justifican tanto porque ni el gasto ni las publicaciones sufren fuertes variaciones entre años como también porque la variación que se intentó observar fue entre países y no entre años para un mismo país.

Para cumplir con el segundo y el tercer objetivo de este capítulo, se trabajó sobre los diez principales países productores de cada uno de los cuatro cultivos entre los años 2000 y 2013 (total: 22 países). Argentina está entre los 10 principales productores de cada uno de los cultivos seleccionados, pero también fue incluida en el análisis de trigo porque es el país foco del estudio. Los diez países más productores de cada cultivo explicaron más del 85% de la producción mundial conjunta de trigo, maíz, soja y girasol. Por lo tanto, son los creadores del mercado y los principales competidores a analizar. Para evaluar la producción científica, los criterios de búsqueda para cada país en las bases de datos CAB Abstracts y Scopus fueron: artículos publicados entre 2000-2013, el nombre del cultivo en título, resumen o palabras clave y el país en la filiación del primer autor. Los datos de producción, rendimiento y área cosechada fueron obtenidos de FAO (FAOSTAT, 2018).

En el análisis de datos para el segundo objetivo de este capítulo se siguió la metodología de Semmartin et al. (2012): se relacionó la producción anual de grano, el área cosechada o el rendimiento de cada país con su producción científica. La relación entre la proporción de la cantidad de trabajos publicados por país y por año y la proporción de la producción total en grano (o de la proporción del área cosechada) entre países para cada cultivo se estimó mediante regresiones. En el caso del rendimiento, se relacionó el rendimiento relativo (respecto al del país con mayor rendimiento dentro de los analizados) con la producción científica relativa (respecto a la del país con mayor producción científica dentro de los analizados). La calidad de las publicaciones de cada país fue evaluada en primer lugar en forma cualitativa mediante la cantidad y proporción de artículos científicos encontrados en bases de datos con restricciones diferenciales para determinar las revistas científicas incluidas: CAB Abstracts (amplio rango de revistas), Scopus (revistas de alta calidad) y revistas indizadas por el SCI (revistas de muy alta calidad, SCI 2016). En segundo lugar, se hizo un análisis cuantitativo a partir del promedio de la cantidad de citas por artículo publicado por país según Scopus (King, 2004; Oesterheld, 2013).

El análisis para el tercer objetivo de este capítulo consistió en comparar entre países la tasa de cambio relativa de la producción científica y de grano (discriminando rendimiento y producción total), y la tasa de cambio relativa de los artículos publicados en Scopus en comparación con la de los artículos publicados en CAB Abstracts para el período considerado. La tasa de cambio relativa (año^{-1}) se calculó como la pendiente de la regresión lineal entre el logaritmo natural del valor de la variable dependiente considerada y el tiempo en años (Fisher, 1921). Finalmente, se realizaron regresiones entre el coeficiente de variación y la tasa de cambio relativa de la producción de grano y la cantidad de artículos publicados en CAB Abstracts por país.

Se advierten con anticipación ciertos factores condicionantes de las conclusiones producto de este análisis, tales como el efecto sobre el área cosechada y rendimientos de los cultivos de grano de características agroecológicas tales como el suelo y clima de un país, así como de características institucionales tales como el grado de apertura económica, los mecanismos existentes de incentivos y controles y la estabilidad de las leyes relativas a la actividad agropecuaria. Sin embargo, el análisis comparado de la producción de conocimiento científico de los diferentes países intenta esclarecer en qué fase de desarrollo del sector agropecuario se encuentra cada uno en particular (Porter, 1990). Además, las tasas de crecimiento relativas del conocimiento científico y la producción y productividad agropecuaria también indican patrones de comportamiento por país que pueden ser menos

dependientes de factores agroecológicos y estar más ligados a su capacidad de innovar basada en la ciencia. Por último, debe mencionarse que la productividad de cada país se midió con relación a un único factor, la tierra. Es probable que el análisis difiera si se considera la productividad de todos los factores de la producción en su conjunto (tierra, capital, trabajo, gestión empresarial), tal como la expresaron Lema y Hermo (2019). Sin embargo, se justifica usar la tierra como referencia a la productividad porque es el factor más limitante en la agricultura extensiva en la que los oferentes son tomadores de precios.

2.3. Resultados

2.3.1. El gasto en I&D agropecuaria y la producción científica

La producción científica sobre los cultivos bajo estudio aumentó con el gasto en I&D agropecuaria (Figura 2.1). China y Estados Unidos fueron los países que más invirtieron a nivel público en la investigación en el sector agropecuario (ca. U\$S 4400 millones) seguidos por India (ca. U\$S 3200 millones). China lideró en términos de publicaciones, mientras que Estados Unidos produjo un 58% de las publicaciones de China y superó a India por apenas un 16%. Un segundo grupo de países estuvo conformado por Alemania, Francia, Canadá y Brasil, los cuales se ubicaron en torno a los 1000 millones de U\$S invertidos. Finalmente, Argentina, Indonesia, México, Turquía, Australia, Pakistán y Sudáfrica invirtieron ca. 500 millones de U\$S (un 10% de lo invertido por los líderes) y generaron el menor número de publicaciones totales.

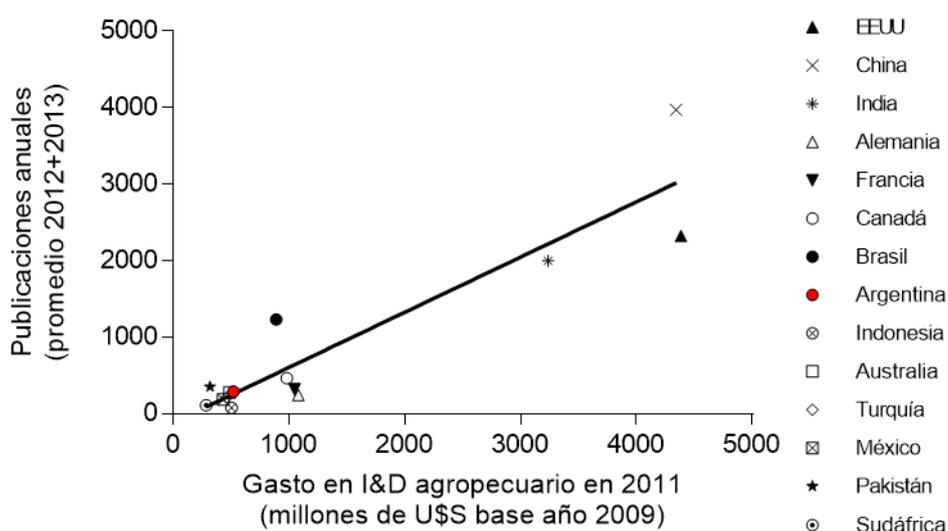


Figura 2.1. Relación entre el promedio anual de los artículos totales publicados por país para los cultivos de trigo, maíz, soja y girasol en 2012 y 2013 y el gasto en I&D agropecuaria en 2011 (en millones de U\$S base año 2009). Los datos de artículos publicados se obtuvieron de CAB Abstracts; los datos de gasto en I&D agropecuaria se obtuvieron de Pardey et al. (2016). $R^2 = 0,86$; $p < 0,0001$.

2.3.2. La producción científica y de grano en los principales cultivos

La producción relativa de grano y de conocimiento se asociaron positivamente en trigo ($R^2 = 0,86$), maíz ($R^2 = 0,82$) y soja ($R^2 = 0,62$), mientras que para girasol la relación fue negativa, pero muy débil ($R^2 = 0,23$, Figura 2.2). En trigo, Rusia resaltó por su

proporcionalmente menor producción científica que de grano. Lo mismo ocurrió en maíz con EEUU, mientras que en el mismo cultivo sucedió lo opuesto con India y Brasil. En soja y girasol existió mucho mayor dispersión de los datos. La Argentina, en particular, se ubicó en torno a la relación 1:1 (coincidencia de la proporción de la producción de conocimiento con la proporción de la producción de grano) en trigo, maíz y girasol. No obstante, para el principal cultivo producido en el país, la soja, la producción proporcional de conocimiento (3% del total) fue marcadamente inferior que la producción proporcional de grano (18% del total).

Con la excepción de Argentina en soja y de Rusia, Ucrania y Argentina en girasol, los tres principales productores mundiales de cada cultivo de grano se ubicaron también dentro del grupo de los tres líderes en producción científica sobre ese cultivo (Figura A2.1). La producción de grano fue muy asimétrica entre países: para cada cultivo, la sumatoria de la producción de los tres países más productivos superó a la sumatoria de los siete países menos productivos. Algo similar se observó en la producción científica. Los países líderes en la producción de cada cultivo destinaron más área a la producción (Figura A2.2). El rendimiento, por otro lado, mostró un ranking de países diferente respecto a la producción y el área cosechada, con algunos países de producción total relativamente baja y altos rendimientos en ciertos cultivos (Figura A2.2).

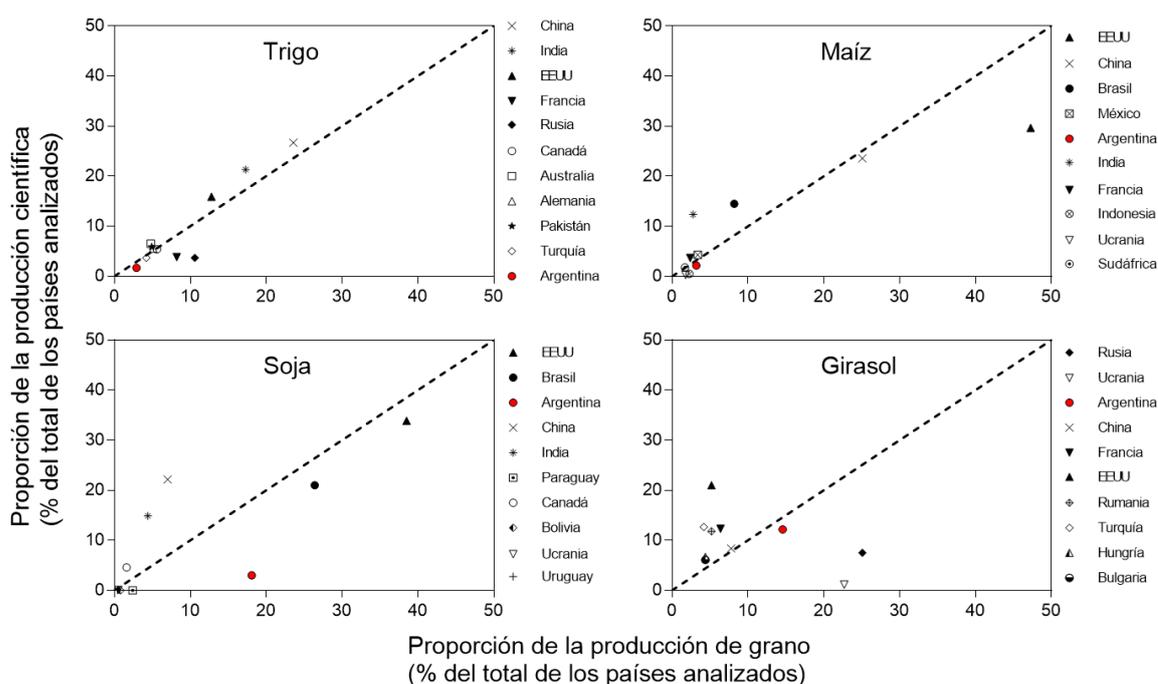


Figura 2.2. Proporción de la producción científica *versus* la proporción de la producción de grano para los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2013. El número de artículos publicados se obtuvo de CAB Abstracts. La línea punteada indica la relación 1:1.

En general el componente área cosechada de la producción de grano se relacionó con la producción de conocimiento de manera similar a lo visto en el párrafo anterior (Figura 2.3). La relación fue positiva en trigo ($R^2 = 0,57$), maíz ($R^2 = 0,93$) y soja ($R^2 = 0,71$) y negativa (pero muy débil) en girasol ($R^2 = 0,19$). Los comportamientos particulares de los países (incluida Argentina) fueron similares a los de la comparación producción de grano y conocimiento, con las particularidades de que China contribuyó más a la

producción científica que al área cosechada en trigo y soja y que en maíz todos los países se posicionaron en torno a la línea 1:1.

No existió asociación entre la producción científica relativa y el rendimiento relativo dentro del grupo de países analizados para ningún cultivo (R^2 menor a 0,13 en todos los casos; Figura 2.4). En general, China, Estados Unidos e India se ubicaron en o por encima de la línea 1:1 (igual o mayor producción científica relativa que rendimiento relativo), mientras que el resto de los países se ubicó por debajo. Argentina tuvo una distancia importante respecto de la línea 1:1 en comparación con otros países (mucho mayor rendimiento relativo que producción científica relativa), particularmente en trigo, maíz y soja.

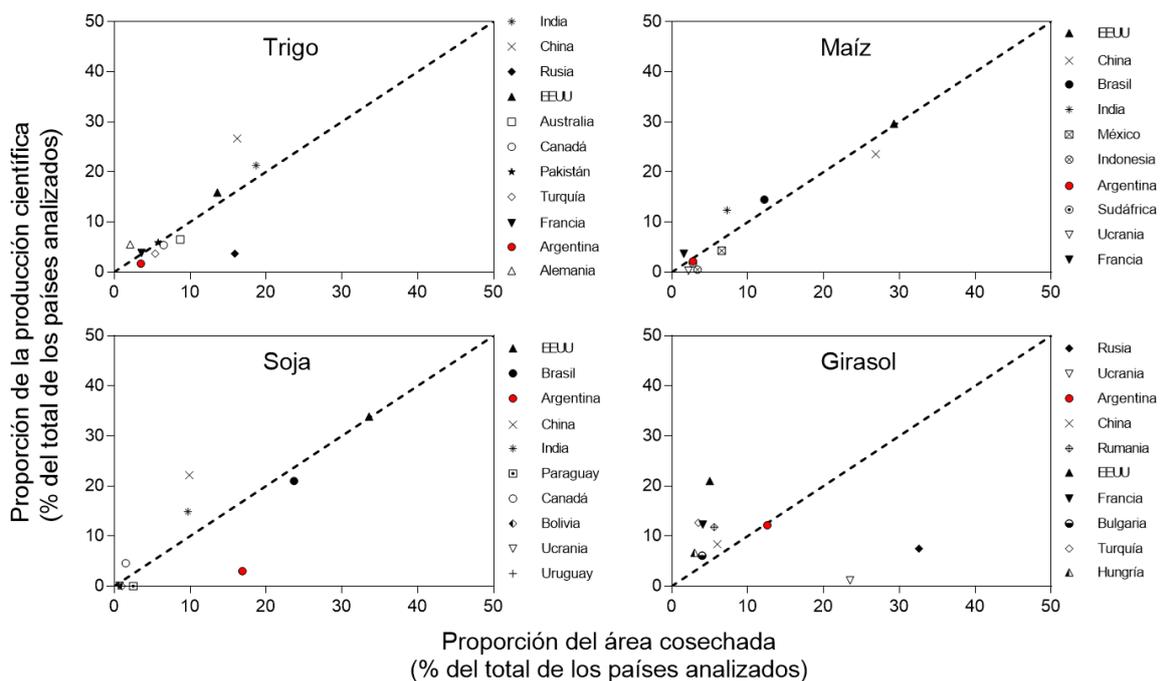


Figura 2.3. Proporción de la producción científica *versus* la proporción del área cosechada por país para los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2013. El número de artículos publicados se obtuvo de CAB Abstracts. La línea punteada indica la relación 1:1.

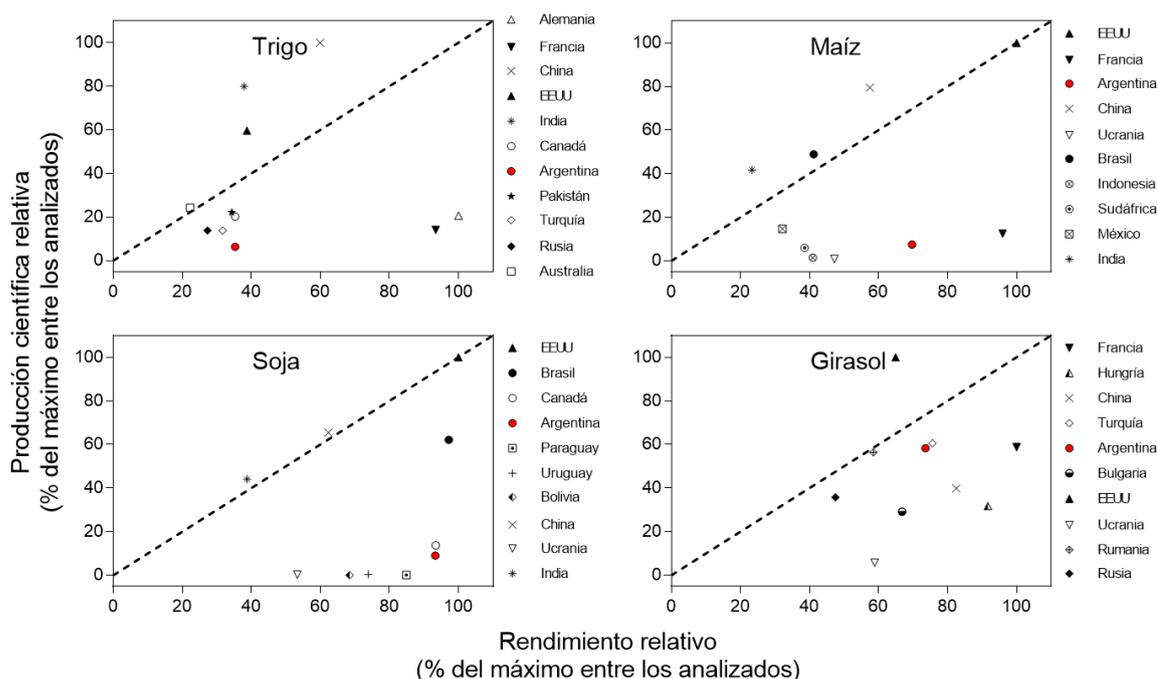


Figura 2.4. Producción científica relativa a la del país con la mayor producción científica *versus* el rendimiento relativo al del país con el mayor rendimiento por país para los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2013. El número de artículos publicados se obtuvo de CAB Abstracts. La línea punteada indica la relación 1:1.

Por lo general, la proporción de publicaciones en revistas de alta (Scopus) o muy alta calidad (SCI) en relación con las publicaciones en revistas de menor calidad (CAB Abstracts) fue mayor en Estados Unidos, Canadá y Francia (Tabla 2.1). Argentina también mostró la misma tendencia, pero su contribución al total fue un orden de magnitud menor. Algo similar sucedió con Australia en trigo y con México y Sudáfrica en maíz. Brasil, Rusia, India, China y Turquía mostraron la tendencia opuesta (proporción decreciente a medida que aumentó la calidad de las revistas consideradas). Pakistán en trigo y Ucrania, Bulgaria, Hungría y Rumanía en girasol también tuvieron menor participación relativa en revistas de alta o muy alta calidad que en las de baja calidad. El peso relativo del resto de los países analizados fue muy bajo y su comportamiento poco variable entre las distintas bases de datos. Observando la proporción publicada por cada país para cada cultivo en cada una de las bases de datos, se destaca Estados Unidos como líder en todos los casos excepto en la búsqueda para trigo en CAB Abstracts (líder China seguida por India). La dominancia de Estados Unidos incluso se acrecentó a medida que la base de datos fue más restrictiva.

Los países difirieron en el promedio de citas por artículo (Tabla 2.2). Australia lideró en trigo, Francia en maíz, Estados Unidos y Canadá en soja y Estados Unidos en girasol. Argentina ocupó un lugar intermedio, por encima de China, Brasil e India en todos los cultivos. Es notable el tercer lugar ocupado en girasol. En general, los países con menos citas por artículo también tuvieron la mayor proporción de publicaciones no-citadas sobre el total de publicaciones (p.ej. India en trigo, maíz y soja; Rusia en trigo y girasol y Ucrania en maíz, soja y girasol).

Tabla 2.1. Producción científica indexada por bases de datos de creciente restricción de calidad: CAB Abstracts (amplio rango de revistas), Scopus (revistas de alta calidad) y SCI

(revistas de muy alta calidad) por cultivo en los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2013.

Proporción de las publicaciones de cada país sobre el total de publicaciones en cada base de datos

Cultivo	País	% CAB Abstracts	% Scopus	% SCI
Trigo	China	26.7	20.2	15.4
	India	21.3	11.7	10.0
	EEUU	15.9	26.6	30.3
	Australia	6.5	8.5	8.9
	Pakistán	5.9	3.8	3.7
	Alemania	5.5	7.4	8.0
	Canadá	5.4	7.8	9.4
	Francia	3.8	5.3	6.1
	Rusia	3.7	3.4	3.1
	Turquía	3.7	3.3	2.9
	Argentina	1.7	2.0	2.1
Maíz	EEUU	31.9	41.9	47.0
	China	25.4	19.7	16.0
	Brasil	15.6	8.7	8.8
	India	13.3	8.6	6.7
	México	4.7	6.1	6.4
	Francia	4.0	7.9	8.6
	Argentina	2.4	3.0	3.1
	Sudáfrica	1.9	3.6	2.9
	Indonesia	0.5	0.4	0.4
	Ucrania	0.3	0.2	0.1
Soja	EEUU	33.9	47.0	51.0
	China	22.2	16.1	15.0
	Brasil	21.0	18.1	15.7
	India	14.9	7.7	6.4
	Canadá	4.6	7.3	8.2
	Argentina	3.0	3.3	3.3
	Uruguay	0.1	0.1	0.2
	Ucrania	0.1	0.2	0.1
	Paraguay	0.0	0.1	0.1
	Bolivia	0.0	0.0	0.0
Girasol	EEUU	21.0	35.4	41.0
	Turquía	12.7	10.3	8.3
	Francia	12.3	18.8	17.8
	Argentina	12.2	15.0	17.0
	Rumania	11.8	1.7	1.1
	China	8.4	7.6	6.6

Rusia	7.5	2.9	2.3
Hungría	6.7	4.3	3.5
Bulgaria	6.1	3.1	2.1
Ucrania	1.2	0.9	0.4

Tabla 2.2. Promedio de citas por artículo y porcentaje de artículos no citados por cultivo en los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2013. Los datos de publicaciones se obtuvieron de Scopus.

Cultivo	País	Citas artículo ⁻¹	% no citados	n
Trigo	Australia	37.6	2.1	3392
	Francia	35.9	3.0	2107
	Alemania	35.8	5.0	2922
	EEUU	33.5	4.9	10934
	Canadá	29.7	2.9	3101
	Argentina	28.5	8.0	803
	Turquía	20.0	8.0	1293
	China	18.0	11.0	8033
	India	16.0	16.2	4638
	Pakistán	14.2	6.6	1493
	Rusia	9.0	19.8	1344
Maíz	Francia	40.7	2.3	1707
	EEUU	38.0	2.7	9069
	Indonesia	24.8	6.9	87
	Argentina	24.7	5.7	647
	México	24.5	6.9	1327
	China	21.6	6.5	4260
	Sudáfrica	19.3	9.2	774
	Brasil	16.8	5.0	1890
	India	13.0	19.9	1867
	Ucrania	5.9	17.1	35
Soja	Canadá	30.8	4.2	1651
	EEUU	30.8	4.4	10572
	Paraguay	29.7	5.3	19
	Bolivia	26.4	0.0	5
	Argentina	23.4	8.2	740
	China	20.6	9.1	3620
	Uruguay	18.6	0.0	32
	India	14.8	17.7	1730
	Brasil	14.7	5.2	4066
	Ucrania	5.5	22.5	40
Girasol	EEUU	32.6	5.1	1134
	Francia	26.7	5.3	602
	Argentina	24.3	6.0	481
	China	17.4	7.4	243
	Turquía	15.5	6.7	329
	Hungría	10.7	19.7	137
	Bulgaria	10.7	8.1	99
	Rusia	7.9	18.1	94

Rumania	5.5	22.6	53
Ucrania	3.8	35.7	28

2.3.3. Dinámica temporal de la producción científica y de grano en los principales cultivos

En general, la producción y el rendimiento de trigo aumentaron modestamente (menos de 0.025 año^{-1}). En Argentina la producción disminuyó marcadamente y el rendimiento aumentó, lo cual significa que el área cosechada disminuyó mucho (Figura 2.5). Algo similar sucedió en Francia y Pakistán. En Canadá y China, particularmente, la producción y el rendimiento aumentaron más que en el resto de los países.

En maíz se observaron comportamientos disímiles entre países. En Argentina, la producción aumentó a niveles relativos intermedios en comparación con los otros países y casi por completo debido a una expansión del área cosechada (leve aumento del rendimiento). Ucrania aumentó extraordinariamente su producción, impulsada principalmente por un aumento en el área cosechada, pero también por aumentos relativos récord del rendimiento. Los rendimientos también aumentaron mucho en Sudáfrica e Indonesia, pero el área cosechada aumentó más modestamente. En Brasil, India y China los rendimientos aumentaron más que en otros países, pero el aumento del área cosechada fue lo que más impulsó la producción. En Estados Unidos el rendimiento casi no aumentó y el área aumentó levemente.

En soja, el área cosechada aumentó más que proporcionalmente que el rendimiento en la mayor parte de los países (incluida Argentina, en la que el rendimiento no cambió). En Uruguay y Ucrania los aumentos relativos de la producción de soja fueron extraordinariamente altos (de un orden de magnitud superior al resto de los países), principalmente debido a un gran aumento relativo del área cosechada (sin embargo, Ucrania fue también el país de mayores aumentos relativos del rendimiento).

El comportamiento general en girasol fue de aumento más que proporcionales en la producción que en el rendimiento, evidenciando expansión en el área cosechada. En Argentina, el rendimiento de girasol no cambió, pero su producción disminuyó (disminución del área cosechada). Los mayores aumentos relativos de producción y rendimiento de girasol ocurrieron en Bulgaria y Ucrania (aunque el área cosechada aumentó aún más que proporcionalmente).. La producción de girasol en China, en cambio, aumentó más debido al aumento en rendimiento que en área cosechada.

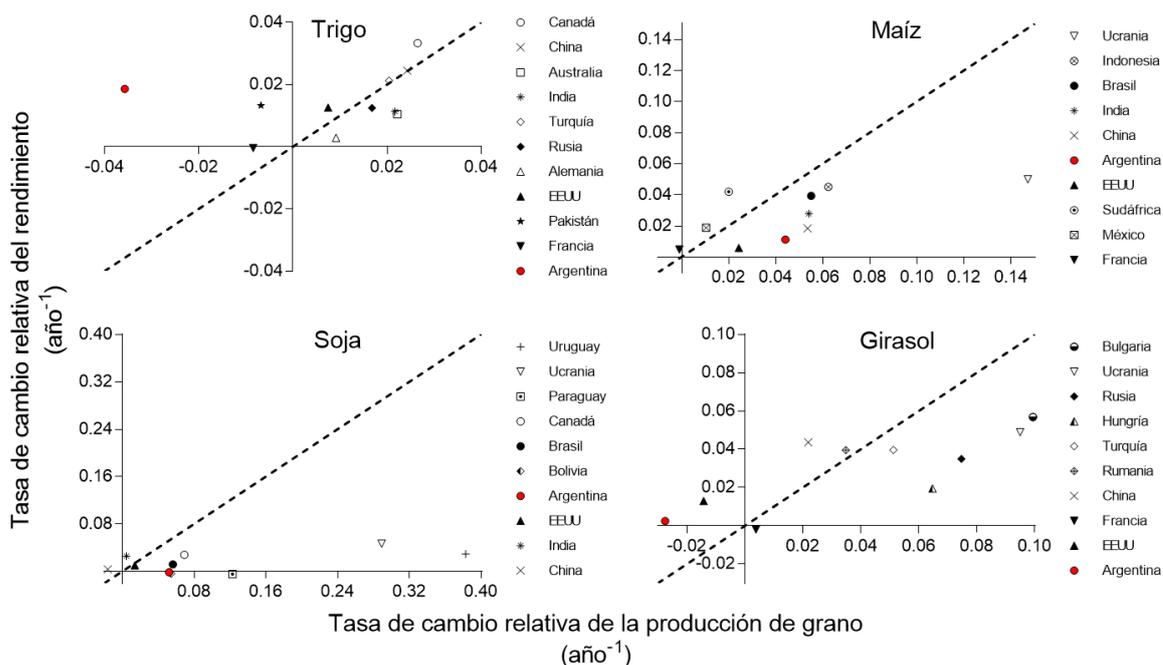


Figura 2.5. Tasa de cambio relativa del rendimiento (año^{-1}) *versus* tasa de cambio relativa de la producción de grano (año^{-1}) por cultivo en los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2013. Nótese que los valores de los ejes difieren entre cultivos. Se puede distinguir si los cambios en la producción se debieron principalmente a cambios en el rendimiento (puntos en torno a la línea 1:1) o a cambios en el área cosechada, ya sea por su disminución (puntos por encima de la línea 1:1) o por su aumento (puntos por debajo de la línea 1:1)

La producción científica aumentó en todos los países menos en Rusia (Figura 2.6). Tomando el conjunto de países analizados, los cambios relativos en las publicaciones de alta calidad (Scopus; Figura 2.6) fueron mayores a aquellos referidos a un amplio rango de calidad de revistas (menor calidad global, CAB Abstracts; Figura 2.6) en trigo, maíz y girasol (por encima de la línea 1:1), pero menores en soja (por debajo de la línea 1:1). China aumentó proporcionalmente más en publicaciones en revistas de alta calidad (excepcionalmente altas de entre $0,19 \text{ año}^{-1}$ y $0,28 \text{ año}^{-1}$) que de menor calidad. Brasil (en maíz y soja) aumentó sus publicaciones de alta calidad en tasas relativas superiores al $0,10 \text{ año}^{-1}$, mientras que India (en trigo, maíz y soja) lo hizo entre el rango de $0,05 \text{ año}^{-1}$ a $0,10 \text{ año}^{-1}$ (ambos con mayor proporción de aumento que en revistas de menor calidad). Estados Unidos, el mayor productor de ciencia de alta calidad mostró tasas de cambio relativas positivas, pero modestas en publicaciones de alta calidad (menores de $0,05 \text{ año}^{-1}$ en todos los cultivos) y casi no tuvo cambios en sus publicaciones en revistas de menor calidad. Respecto a publicaciones de alta calidad, Argentina mostró tasas relativas similares a las de Estados Unidos, pero superiores en maíz y soja (ca. $0,07 \text{ año}^{-1}$). Alemania (ca. $0,31 \text{ año}^{-1}$) y Pakistán (ca. $0,23 \text{ año}^{-1}$) tuvieron un crecimiento notable en trigo, mientras que lo mismo sucedió con Rumania en girasol (ca. $0,21 \text{ año}^{-1}$).

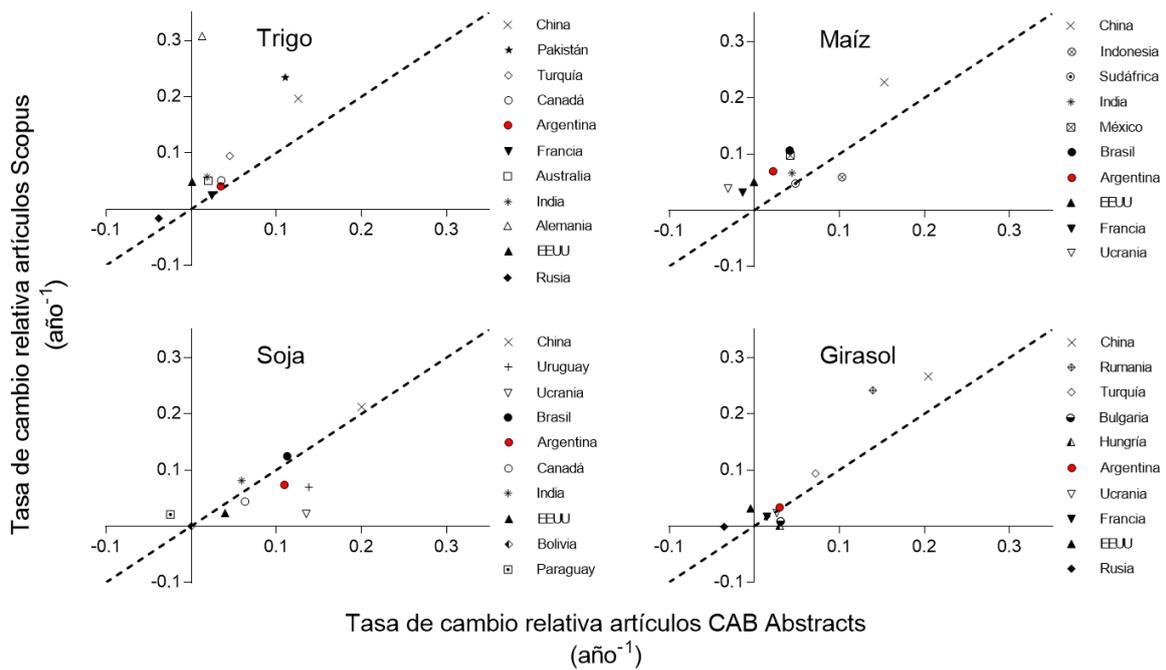


Figura 2.6. Tasa de cambio relativa de las publicaciones de alta calidad (Scopus) *versus* tasa de cambio relativa de las publicaciones en un amplio rango de revistas (CAB Abstracts) por cultivo (1 año^{-1}) en los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2013.

Los países y cultivos con una variabilidad interanual de producción de grano particularmente alta tuvieron muy baja producción científica, por debajo de los 40 trabajos por año (Figura 2.7a). Cabe destacar que esos países fueron, por lo general, de baja producción absoluta de grano y gran expansión del área cosechada. El comportamiento de la tasa de cambio relativa de la producción en grano por cultivo y por país en relación con la producción científica (Figura 2.7b) fue similar al de la relación descrita anteriormente. Más allá de la particularidad mencionada para los países de baja producción científica, no existió una relación clara entre la producción científica y la evolución de la producción a lo largo de los años para el conjunto de los países.

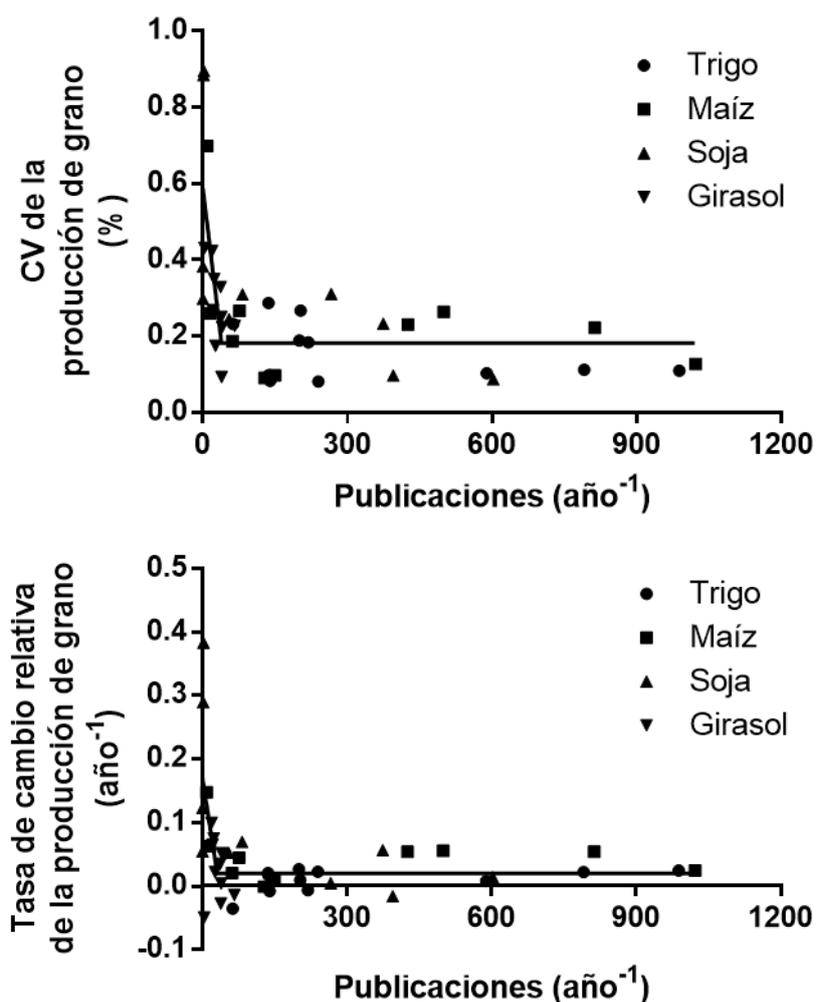


Figura 2.7. Relación entre: a) el CV de la producción de grano por país y las publicaciones anuales por país y b) la tasa de cambio relativa de la producción de grano por país (año⁻¹) y las publicaciones anuales por país en los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2013. Las publicaciones se obtuvieron de CAB Abstracts. El modelo de ajuste en a) y b) fue $y = a + b * x * (x < c) + b * c * (x > c)$. En a) los valores de los parámetros fueron: $a = 0,59$; $b = -0,0105$; $c = 38,9$; $R^2 = 0,56$. En b) los valores de los parámetros fueron: $a = 0,1709$; $b = -0,004943$; $c = 8,763$; $R^2 = 0,41$.

2.4. Discusión

2.4.1. El gasto en I&D agropecuaria y la producción científica

Este capítulo profundizó el análisis realizado por Semmartin et al. (2012). La tendencia general de los resultados de ambos trabajos fue similar, pero hubo interesantes diferencias. En primer lugar, la posición relativa de los países en la producción de conocimiento cambió. En segundo lugar, respecto a la relación positiva entre las publicaciones científicas de un país y el gasto público en I&D que encontraron los dos trabajos, en el presente capítulo se logró discriminar el gasto en I&D específico para las investigaciones agropecuarias. Los dos países con mayor Producto Bruto Interno del

mundo, Estados Unidos y China (World Bank Group, 2019), fueron los que más invirtieron en I&D agropecuaria y los de mayor producción de conocimiento. El gasto en I&D agropecuaria de China se ubicó a la par de Estados Unidos, algo que para el período analizado por Semmartin et al. (2012) para todos los sectores de la economía alcanzaba únicamente la mitad. El crecimiento de la inversión de China se tradujo en un mayor número de publicaciones, lo que concuerda con lo observado en otras ramas de la ciencia (Zhou y Leydesdorff, 2006). Argentina, en particular, se ubicó dentro del grupo de países con menor gasto público en I&D agropecuaria. Sin embargo, dentro de ese grupo (que incluye importantes productores de los diferentes cultivos considerados, como Indonesia, Australia, México y Sudáfrica), fue el país con el mayor gasto. Los valores encontrados en las variables y sus relaciones muestran la importancia que otorga cada país a la ciencia como motor de su desarrollo.

Estos resultados parten de dos simplificaciones. Por un lado, la evaluación de la inversión en I&D agropecuaria se restringió al sector público. La inversión en I&D agropecuaria del sector privado ha crecido recientemente (Fuglie et al., 2011; Pardey et al., 2016) y podría impactar sobre los resultados obtenidos, dadas las diferencias del peso relativo de los sectores público y privado entre países. Por otro lado, la evaluación de la producción de conocimiento se basó en la producción de artículos científicos y, por lo tanto, no tuvo en cuenta otros productos del sistema científico público de un país tales como patentes y recursos humanos ni tampoco se ha medido su aplicación directa en tecnologías o procesos, el destino final de casi todo producto de la ciencia (Nelson, 1959). No obstante, la producción y comunicación de conocimiento mediante publicaciones científicas evidenció nuevamente las importantes diferencias entre países, tal como fue encontrado por otros autores (May, 1997; King, 2004) y suele estar positivamente relacionada con los otros productos. Un sistema científico desarrollado permite generar conocimiento de calidad en un sector de la economía importante para los principales países productores de grano, lo que luego se traduce en tecnologías de insumos y procesos locales que mejoran su performance (Benech-Arnold et al, 2012).

2.4.2. La producción científica y de grano en los principales cultivos

La correlación general entre producción de conocimiento y de grano fue positiva y alta para tres de los cuatro cultivos analizados (trigo, maíz y soja). Además, para esos cultivos muchos países se ubicaron en torno a la línea 1:1. Esto sugiere que, en general, los países con mayor producción de grano generan conocimiento científico que sienta las bases para la mejora de la producción. La particularidad del cultivo de girasol merece ser estudiada en profundidad en un futuro. Mientras que en general los países también se ubicaron en torno a la línea 1:1 con una alta correlación para la relación entre producción de conocimiento y área cosechada, se evidenció un desacople entre liderazgo en producción de conocimiento y en rendimiento en grano dentro del conjunto de países analizados. Si bien el rendimiento depende de una gran variedad de factores, el esfuerzo último de la investigación científica agropecuaria debería ser impulsar los rendimientos, disminuir su variabilidad y maximizar la eficiencia de uso de los recursos (Fischer y Connor, 2018). Los resultados sugieren que muchos factores propios de cada país (condiciones agroecológicas, estructurales, de mercado, institucionales, etc.) establecen las condiciones para la producción y, por lo tanto, para el sostenimiento de altos rendimientos. La investigación científica, por otra parte, puede ser exportada como tal (publicaciones) o, en forma aplicada, como tecnologías (productos o servicios) y no queda encerrada en los países que lo producen. En síntesis, la generación y el uso del conocimiento por los países difieren.

Paruelo y Aguiar (2017) manifestaron la necesidad de generar "buena ciencia" para aumentar el impacto económico y social de la investigación científica mediante la

generación de tecnologías más eficientes y la formación de recursos humanos con mayor capacidad crítica. En este capítulo se observaron dos tendencias generales: países con mayor participación relativa en la producción científica en bases de datos que contenían sólo revistas de alta calidad y países con un comportamiento opuesto (mayor participación relativa en revistas de baja calidad). En general, los países con mayor proporción de publicaciones en revistas de alta calidad (Estados Unidos, Francia, Canadá) también tuvieron un mayor número de citas por artículo, lo que concuerda con lo encontrado por Semmartin et al. (2012). El sistema científico de estos países, por lo tanto, sigue el patrón de alta calidad que muestran en muchos otros sectores (King, 2004). A pesar de tener una producción científica de una calidad media, fue particularmente importante el número de publicaciones totales de la India. Esto concuerda con el crecimiento económico indio en los primeros años del siglo XXI y está apoyado por la creciente importancia que se otorga en ese país a la investigación científica agropecuaria (Raghuram, 2004). En general, los resultados concuerdan con lo encontrado por Sagar et al. (2013) para un período similar en base a una única base de datos, la Web of Science. La existencia de grupos de países con diferencias marcadas en su producción científica (a partir de cualquiera de los indicadores utilizados) aparece como una posibilidad de estudio comparativo de la organización del sistema científico agropecuario para establecer criterios a seguir hacia adelante para cualquier país que intente una organización estructural.

2.4.3. Dinámica temporal de la producción científica y de grano en los principales cultivos

En la mayoría de los países, los aumentos de la producción en los diferentes cultivos se debieron a aumentos en el área cosechada. Al mismo tiempo, en prácticamente todos los casos analizados el rendimiento aumentó, aunque en general los aumentos fueron leves y menos que proporcionales a los aumentos de producción. Si bien hubo casos particulares de grandes aumentos relativos, el promedio general de aumentos no alcanzaría para suplir la demanda mundial proyectada en las próximas décadas, tal como advirtieron Ray et al., (2013). Cabe destacar que los bajos aumentos relativos en algunos países pueden haber sido causados por la expansión del área cosechada a partir de nuevos hallazgos (o mejores relaciones de precios insumo/producto) que permitieron producir en lugares más restrictivos con menores rendimientos potenciales que regiones tradicionales de producción.

Se ha encontrado que en el sector agropecuario la I&D impacta sobre la productividad sólo en el largo plazo (Wang et al., 2013). Resulta interesante que no hubo una asociación clara entre los cambios de la producción relativa de grano y la producción de conocimiento (Figura 2.7). De hecho, los países que más aumentaron su producción relativa fueron aquellos con un muy bajo número de publicaciones en el período bajo estudio. Es posible que un muy bajo rendimiento al inicio del período considerado, con relación a los rendimientos posibles de obtener dadas las condiciones agroecológicas en las zonas de producción de esos países de altos aumentos relativos, hayan magnificado los aumentos de rendimiento. Por otro lado, con la excepción del cultivo de girasol (el de menor producción mundial de los cuatro analizados), los países con mayor producción científica fueron aquellos con mayor producción total de grano. Esto que podría explicarse por el ajuste a largo plazo entre investigación y producción (Wang et al., 2013), por características del ambiente institucional (por ejemplo, mayor protección de los derechos de propiedad en el mejoramiento de semillas o menores impuestos a la exportación; North, 1991; Ménard, 1995) o también meramente por una cuestión de tamaño y crecimiento general de la economía de cada país (también relacionada al ambiente institucional; North 1990, Williamson, 2000).

A pesar de tener proporcionalmente un mayor número de publicaciones en revistas de menor impacto, China es el país con mayor aumento de publicaciones de alta calidad, y el aumento es incluso más notorio si se lo compara a lo encontrado por Semmartin et al. (2012). En contraste, Brasil, la India y particularmente Rusia se mantuvieron en torno a los bajos valores reportados por Semmartin et al. (2012). La decisión de China de impulsar una mejora en la calidad de su ciencia y orientarse hacia revistas internacionales, especializadas y con referato (Jin y Rosseau, 2004; Wu et al., 2004) seguramente haya sido una causa muy importante de esa tendencia. De mantenerse los valores encontrados, cabe esperar que en un futuro muy cercano China sea el mayor productor de conocimiento científico de los principales cultivos de grano, impulsado por un fuerte gasto en I&D agropecuaria, además de nuevos mecanismos destinados a desincentivar la publicación de falsos resultados en revistas de baja calidad y fomentar la visibilidad en revistas de alto impacto (Cyranoski, 2017).

Respecto al análisis a nivel de cada cultivo en particular, el crecimiento en publicaciones en revistas de alta calidad fue más que proporcional al de aquel en revistas de baja calidad en trigo, maíz y girasol. De mantenerse ese comportamiento en un futuro, posiblemente existiría un impacto positivo en términos tecnológicos y de aplicación de conocimiento de los resultados comunicados debido a un proceso de revisión más detallado y agudo (Jennings, 2006). Sin embargo, en el cultivo de soja el comportamiento fue opuesto, algo que debería ser tenido en cuenta por los actores del sistema científico.

2.4.4. Consideraciones sobre el comportamiento de Argentina

Se caracterizó la posición de Argentina respecto del resto de los principales productores de grano del mundo. Considerando todas las disciplinas de I&D (no sólo agropecuarias), el sector público de Argentina invirtió sólo un 0,5% de su PBI en I&D. Esta proporción es similar a Bulgaria, Rumania y México, está muy por debajo de Alemania, Estados Unidos, Francia, Australia, Canadá, China, Rusia y Brasil (entre 1 y 2,5%), y es incluso inferior a la de competidores directos en el mercado de granos como India, Ucrania y Hungría (entre 0,7 y 1%) (RICyT, 2019). La comparativamente baja inversión en I&D de Argentina también se vio reflejada en el sector agropecuario, ya que el país ocupó los últimos lugares en términos de inversión absoluta.

La producción proporcional de conocimiento respecto a la producción de grano total fue similar para trigo, maíz y girasol, lo que significa un crecimiento relativo de la producción de conocimiento respecto a lo reportado por Semmartin et al. (2012). Sin embargo, para el cultivo de soja, el de mayor producción, área cosechada y generación de riqueza del país (Senesi et al., 2016), la producción relativa de conocimiento fue significativamente menor que la de grano. Las implicancias de la baja generación de conocimiento local sobre este cultivo podrían ser importantes, tanto en términos productivos, como tecnológicos, económicos y ambientales y estos resultados deberían ser atendidos si se desea basar la evolución de un complejo productivo tan importante en conocimiento científico confiable. Posiblemente, mecanismos de incentivos adecuados (Just y Huffman, 1992) y estructuras institucionales bien dirigidas (Coriat et al., 2002) mejorarían los resultados obtenidos a futuro. Un análisis más detallado del sistema de investigación científica de este cultivo en Argentina podría arrojar conclusiones útiles.

La disminución del área cosechada y el leve aumento relativo del rendimiento de trigo (Figura 2.5) coincidieron con un muy leve aumento de producción de conocimiento en ese cultivo. Lo sucedido en el ambiente institucional debe ser tenido en cuenta al analizar estos resultados. En el período analizado existieron restricciones arancelarias (impuestos a la exportación) y para-arancelarias (cupos de exportación) para el comercio de trigo (Regúnaga y Rodríguez, 2015). Consecuentemente, un exceso de oferta inicial se tradujo

en disminuciones locales del precio del grano, desincentivando los niveles generales de producción (Regúnaga y Rodríguez, 2015). Adicionalmente, la producción en zonas marginales se tornó antieconómica, traccionando a la baja el área cosechada (Regúnaga y Rodríguez, 2015). Consecuentemente, la producción se concentró en las zonas con condiciones agroecológicas favorables para la obtención de altos rendimientos y alto grado de calidad. En resumen, el comportamiento observado en los factores de la producción de trigo en Argentina probablemente fue causado directamente por factores ajenos al sistema de investigación.

Se debe tener en cuenta que en este caso se utilizó como variable de estudio la producción (indicador de la oferta), pero no la exportación (indicador aproximado de la demanda). La exportación tracciona calidad y eficiencia, provocando que entren en juego otros factores que pueden apalancar la innovación en la producción. Esto tiene especial relevancia en el caso de la soja en Argentina, ya que su destino principal es la exportación (3^{er} puesto en el ranking mundial de exportaciones de grano y 1^{er} puesto en el de exportaciones de harina y aceite; Senesi et al., 2016; Comtrade, 2019). La soja fue el cultivo que se alejó de la media de los resultados encontrados en la tesis, por lo que probablemente otros factores diferentes a la investigación pública (e.g., investigación del sector privado y/o importación de tecnologías como eventos transgénicos y herbicidas sistémicos no selectivos) fueron los que generaron innovación y apalarcaron el gran crecimiento en producción en soja. De cualquier manera, esto no deja de ser un elemento para sugerir que la investigación pública debería abordar en profundidad al cultivo de soja.

Por otro lado, el aumento de la producción de maíz y soja en Argentina se basó casi únicamente en una expansión del área cosechada, a expensas del área de trigo y girasol. Además, los aumentos del rendimiento en los cuatro cultivos estudiados fueron muy bajos. El análisis detallado de la localización de los grupos de trabajo en cada cultivo (tal como el de Blake et al., 2002) permitiría conocer si esa expansión del área cosechada también ha sido acompañada por una expansión de la generación de conocimientos hacia regiones noveles de producción en el país.

Por último, la calidad de los artículos publicados por Argentina sigue siendo destacable, como ya lo habían señalado otros trabajos (Oesterheld et al., 2002; Semmartin et al., 2012). Se encuentra liderando un segundo grupo de países (por detrás de aquel formado por Estados Unidos y Francia) en términos de calidad (a partir de las dos metodologías utilizadas en este trabajo). Es particularmente importante la diferencia de calidad de los artículos de autores argentinos en comparación al de otros países con similar estructura económica y dependencia del sector agropecuario. Un mayor esfuerzo en cantidad de publicaciones impulsado por mayor inversión en I&D no debería generar una disminución de la calidad de las publicaciones si el objetivo es tener un impacto positivo en los diferentes procesos y actores que construyen las ventajas competitivas de un sistema económico (Porter, 1990) y que pueden ser influidos por la generación de conocimiento científico.

Cuantificación de la oferta de las organizaciones argentinas de I&D agropecuaria

3.1. Introducción

En las últimas décadas ha crecido mundialmente la colaboración internacional en la producción científica (Leydesdorff y Wagner, 2008), dentro del marco de lo que se ha mencionado como “la cuarta era de la investigación” (Adams, 2013). Esto es relevante si se tiene en cuenta que se ha mostrado que, en diversas disciplinas, la colaboración internacional (i.e. co-autores de artículos trabajando en organizaciones de varios países) tiene un efecto positivo en la cantidad de citas recibidas por artículo (Smith et al., 2014). Consecuentemente, resulta de interés cuantificar la colaboración de los autores argentinos de artículos científicos de alta calidad en ciencias agropecuarias con autores de otros países.

Pueden discriminarse dos estructuras organizacionales del sistema de I&D público tipo en el mundo: una basada en instituciones formales exclusivamente dedicadas a la investigación y otra enfocada en brindar recursos a universidades públicas, que no se dedican únicamente a la investigación (May, 1997). Algunos estudios sugieren que esta segunda estructura organizacional es más eficiente en términos de conocimiento producido por recursos recibidos (May, 1997). Los países difieren en la estructura del sistema de I&D agropecuaria y resulta de interés describir esa estructura para Argentina.

Dentro de las organizaciones centrales de investigación en Argentina, entre 1996 y 1998 las universidades publicaron la mayor proporción (46%) de trabajos en fuentes indexadas por el SCI dentro de las ciencias agropecuarias (Oesterheld et al., 2002). Si se cuentan, además, los trabajos de colaboración entre universidades y otras organizaciones (INTA y CONICET) la proporción fue del 79%. El CONICET (9%) y el INTA (7%) produjeron menos conocimiento en esos años. Su participación también aumentó cuando se incluyeron los trabajos en colaboración con otras instituciones: CONICET 26% e INTA 28%. Oesterheld et al. (2002), además, observaron que la producción de trabajos científicos por equivalente de dedicación exclusiva fue en general baja y muy variable entre organizaciones.

Un diagnóstico del sistema argentino de I&D agropecuaria manifestó la necesidad de eficientizar el sistema para que sea competitivo a nivel mundial (Blake et al., 2002). Sus recomendaciones fueron disminuir gastos de estructura, re-orientar los gastos de personal hacia la investigación, generar un sistema de becas posdoctorales que incrementara la planta científica futura y facilitar la comunicación entre organizaciones del sector público y privado para atender los temas con mayor retorno de la inversión (Blake et al., 2002). El objetivo era mejorar la productividad del sistema de I&D formal argentino. Estudiar la producción de publicaciones en las primeras dos décadas del siglo XXI sería útil para caracterizar el sistema en Argentina y evaluar las diferencias con lo encontrado a fines del siglo anterior y así tener una medida comparativa de la evolución del sistema.

En este capítulo se abordó el objetivo específico (iii) de la tesis: *describir la oferta del sistema argentino de I&D agropecuaria desde las organizaciones que lo componen*. Los objetivos particulares del capítulo fueron: i) cuantificar la colaboración de las organizaciones argentinas de I&D agropecuaria con otros países en las publicaciones científicas de alta calidad en trigo, maíz, soja y girasol; y ii) cuantificar y comparar la contribución de las diferentes organizaciones al total de publicaciones científicas argentinas de alta calidad sobre los cuatro cultivos.

3.2. Metodología

A la base de datos obtenida de Scopus para cada cultivo entre 2000 y 2013 utilizada en el Capítulo 2 se le adicionaron las publicaciones para cada cultivo entre los años 2014 y

2018, siguiendo los mismos criterios de búsqueda que los del Capítulo 2 (nombre del cultivo en inglés en algún lugar del título, resumen o palabras clave). La base de datos resultante para cada cultivo con las publicaciones entre 2000 y 2018 fue luego filtrada para obtener únicamente los artículos publicados dentro de los que hayan participado como autores organizaciones argentinas. Para cumplir con el primer objetivo de este capítulo, se contó la cantidad de veces que alguna organización de cada país aparecía dentro de los autores de un artículo. La colaboración de Argentina con cada país se cuantificó según el porcentaje de coautorías de cada país con autores argentinos por cultivo.

Para cumplir con el segundo objetivo de este capítulo, se generó una lista de todas las organizaciones argentinas a las que estaban afiliados los autores de al menos una publicación y se listaron las diferentes formas con las que se llamó a cada organización en los diferentes artículos publicados. Para comparar la producción entre organizaciones, se contó la cantidad de veces que una organización figuró en la afiliación de los autores de un artículo y la cantidad de veces que figuró en la afiliación del primer autor. Se utilizó la Ecuación (3.1) para cuantificar la contribución relativa de una organización en cualquier posición de la autoría y la Ecuación (3.2) para la contribución como primer autor. Cuando en un artículo particular existieron varios autores con una misma filiación, se sumó sólo una vez ese artículo a la organización a la que pertenecían los autores. Cuando un autor tuvo más de una filiación, se sumó cada una de las organizaciones de filiación como autora del artículo. Consecuentemente, la suma porcentual de las contribuciones relativas calculadas por estas dos ecuaciones fue mayor a 100%.

$$Prop 1_i = \frac{Publi\ 1er\ o\ coautor_i}{Publi\ totales} \quad \text{Ecuación (3.1)}$$

donde $Prop 1_i$ es la proporción de publicaciones en la cual un primer autor o coautor tuvo filiación a la i -ésima organización particular; $Publi\ 1er\ o\ coautor_i$ es el número de publicaciones en la cual un primer autor o coautor tuvo filiación a la i -ésima organización particular; y $Publi\ totales$ es la cantidad total de publicaciones.

$$Prop 2_j = \frac{Publi\ 1er_j}{Publi\ totales} \quad \text{Ecuación (3.2)}$$

adonde $Prop 2_j$ es la proporción de publicaciones en la cual un primer autor tuvo filiación a la j -ésima organización particular; $Publi\ 1er_j$ es el número de publicaciones en la cual un primer autor tuvo filiación a la j -ésima organización particular; y $Publi\ totales$ es la cantidad total de publicaciones.

También se comparó la producción porcentual de conocimiento entre las universidades nacionales para el conjunto de los cuatro cultivos a través de la Ecuación (3.3). Además, se comparó la producción de las organizaciones centrales de investigación (CONICET, INTA y todas las universidades nacionales agrupadas) a través de la Ecuación (3.4) y se cuantificó el grado de colaboración (proporción de coautorías) entre estas organizaciones, a través de la Ecuación (3.5), siguiendo lo realizado por Oesterheld et al. (2002).

$$Prop 3_k = \frac{Publi\ 1er\ universidad_k}{\sum Publi\ 1er\ universidades} \quad \text{Ecuación (3.3)}$$

adonde $Prop 3_k$ es la proporción de publicaciones en la cual un primer autor tuvo filiación a la k -ésima universidad nacional particular; $Publi\ 1er\ universidad_k$ es el número de

publicaciones en la cual un primer autor tuvo filiación a la k -ésima universidad nacional particular; y $\sum Publi\ 1er\ universidades$ es la suma de las publicaciones en las que el primer autor perteneció a una universidad nacional.

$$Prop\ 4_l = \frac{Publi\ 1er\ org\ central_l}{\sum Publi\ 1er\ org\ centrales} \quad \text{Ecuación (3.4)}$$

adonde $Prop\ 4_l$ es la proporción de publicaciones en la cual un primer autor tuvo filiación a la l -ésima organización central de investigación particular; $Publi\ 1er\ org\ central_l$ es el número de publicaciones en la cual un primer autor tuvo filiación a la l -ésima organización central de investigación particular; y $\sum Publi\ 1er\ org\ centrales$ es la suma de las publicaciones en las que el primer autor perteneció a una organización central de investigación.

$$Prop\ 5 = \frac{Publi\ compartidas\ 1er\ org\ central}{\sum Publi\ 1er\ org\ centrales} \quad \text{Ecuación (3.5)}$$

adonde $Prop\ 5$ es la proporción de publicaciones en la cual un primer autor tuvo filiación a dos o más organizaciones centrales de investigación particulares; $Publi\ compartidas\ 1er\ org\ central$ es el número de publicaciones en la cual un primer autor tuvo filiación a dos o más organizaciones centrales de investigación particulares; y $\sum Publi\ 1er\ org\ centrales$ es la suma de las publicaciones en las que el primer autor perteneció a una organización central de investigación.

3.3. Resultados

3.3.1. La colaboración internacional del sistema argentino de I&D agropecuaria

Las organizaciones argentinas publicaron en colaboración con un total de 88 países. La colaboración con otros países representó una proporción importante de la producción científica de autores con afiliación argentina (Tabla 3.1). El porcentaje de artículos en los que colaboró algún país extranjero fue mayor en trigo (56 %), seguido por maíz (55%), soja (47%) y girasol (35%). Estados Unidos fue el país con el que las organizaciones argentinas más colaboraron en todos los cultivos. España y Brasil se ubicaron dentro de los primeros cuatro países con los cuales más se colaboró en todos los casos. En la mayor parte de estos artículos el primer autor tuvo afiliación con una organización argentina (89% en trigo, 87% en maíz, 87% en soja y 92% en girasol). Es decir, se trata mayoritariamente de trabajos liderados por argentinos en los cuales los extranjeros colaboraron.

Tabla 3.1. Publicaciones y porcentaje del total de publicaciones en las cuales organizaciones de cada país extranjero colaboró en la autoría con organizaciones argentinas para trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2018. Se muestra también para cada cultivo el número y porcentaje de publicaciones en los cuales los autores fueron únicamente argentinos. Los datos de publicaciones se obtuvieron de Scopus. Se detallan únicamente los diez países con mayor proporción de coautorías por cultivo. El resto de los países coautores integran el grupo “Otros”.

Cultivo	País	Publicaciones	% Publicaciones
Trigo	Estados Unidos	149	10,57

	España	96	6,81
	Reino Unido	56	3,97
	Brasil	51	3,62
	Australia	46	3,26
	Alemania	44	3,12
	México	34	2,41
	Francia	31	2,20
	Italia	27	1,91
	Países Bajos	23	1,63
	Otros	235	16,67
	Total c/extranjeros	792	56,17
	Total argentinos	618	43,83
	Total	1410	100
	Estados Unidos	175	14,26
	Brasil	60	4,89
	España	52	4,24
	Francia	39	3,18
	México	38	3,10
	Alemania	32	2,61
Maíz	Reino Unido	32	2,61
	Canadá	30	2,44
	Australia	26	2,12
	Italia	21	1,71
	Otros	169	13,78
	Total c/extranjeros	674	54,93
	Total argentinos	553	45,07
	Total	1227	100
	Estados Unidos	205	12,25
	Brasil	122	7,29
	España	81	4,84
	Francia	50	2,99
	Uruguay	29	1,73
	Alemania	28	1,67
Soja	Canadá	24	1,43
	Japón	24	1,43
	Australia	22	1,31
	Italia	17	1,02
	Otros	191	11,41
	Total c/extranjeros	793	47,37
	Total argentinos	881	52,63
	Total	1674	100
Girasol	Estados Unidos	68	7,82
	España	54	6,21

Alemania	27	3,10
Brasil	24	2,76
Francia	24	2,76
Australia	15	1,72
Reino Unido	15	1,72
Bélgica	10	1,15
Uruguay	10	1,15
Canadá	8	0,92
Otros	53	6,09
Total c/extranjeros	308	35,40
Total argentinos	562	64,60
Total	870	100

3.3.2. La producción de conocimiento de las organizaciones argentinas de I&D agropecuaria

Se encontraron en total 175 organizaciones argentinas que fueron autores de al menos una publicación científica, incluyendo al sector público y al privado. El 43% de las organizaciones fueron llamadas de más de una manera (Figura 3.1). Por ejemplo, se encontraron 34 nombres distintos para el CONICET, 28 para la Universidad de Buenos Aires, 24 para el INTA y la Universidad Nacional de Mar del Plata y 20 para la Universidad Nacional de La Plata.

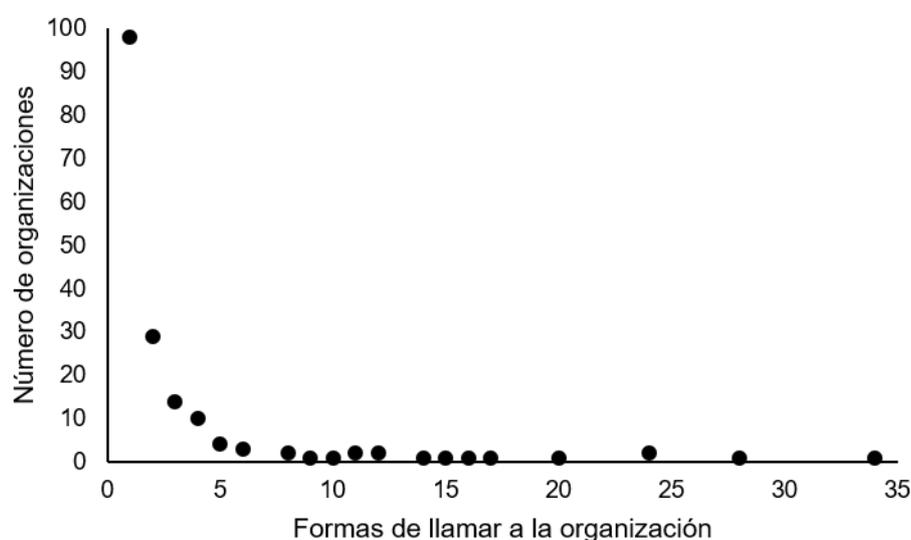


Figura 3.1. Recuento del número de organizaciones argentinas a las que se les llamó de una o más formas distintas en las publicaciones de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2018. Los datos de publicaciones se obtuvieron de Scopus.

El CONICET fue la organización individual con mayor participación sobre el total de publicaciones, tanto cuando se contabilizó cualquier posición en la autoría como cuando se tuvieron en cuenta solo las primeras autorías (Tabla 3.2) en las publicaciones de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2018. Considerando sólo la participación (independientemente de la posición en la autoría) en las publicaciones, el INTA fue segundo en trigo, maíz y girasol y tercero en soja, mientras que la UBA fue segunda en soja

y tercera en trigo, maíz y girasol. Algo similar ocurrió si se consideran las participaciones como primer autor, con la excepción del trigo y el girasol en los que la UBA fue segunda y el INTA cuarto y tercero, respectivamente. Otras universidades nacionales presentaron una producción relativa elevada. Por ejemplo, la UNLP fue cuarta en trigo (tercera considerando las publicaciones como primer autor) y soja y quinta en maíz (séptima como primera autor); la UNRC fue cuarta en maíz; y la UNS y la UNMdP fueron cuarta y quinta en girasol, respectivamente (la UNS fue tercera si se consideran las publicaciones como primer autor). Otras nueve universidades nacionales se encontraron dentro de las quince organizaciones con mayor producción de conocimiento en alguno de los cuatro cultivos considerados. Además, sólo dentro de las universidades nacionales y teniendo en cuenta los cuatro cultivos analizados en conjunto, las cinco de mayor producción (UBA, UNLP, UNMdP, UNC, UNRC) concentraron el 66% de la producción y las primeras siete (las anteriores más la UNS y la UNR) el 80% (Tabla 3.3). La CIC fue la única organización dedicada puramente a la investigación, además del CONICET, que se encontró en los quince líderes en la producción de conocimiento. Respecto a las organizaciones privadas, la organización sin fines de lucro CREA fue decimoquinta en trigo y maíz y también aparecieron dentro de los quince mayores productores de conocimiento las empresas Advanta Semillas (décima en girasol), Monsanto Argentina (decimosegunda en maíz) y Nidera (decimoquinta en girasol).

Tabla 3.2. Participación sobre el total de publicaciones (% 1^{er} autor o coautor / Totales) y proporción de trabajos publicados como primer autor (% 1^{er} autor / Totales) de las organizaciones argentinas de I&D agropecuaria entre 2000 y 2018 para los cultivos de trigo (n = 1410), maíz (n = 1227), soja (n = 1674) y girasol (n = 870). Se detallan únicamente las quince organizaciones con mayor participación sobre el total de publicaciones por cultivo, con el resto de las organizaciones integrando el grupo “Otros”. Los datos de publicaciones se obtuvieron de Scopus.

Cultivo	Organización	% 1er autor o coautor / Totales	% 1er autor / Totales
Trigo	CONICET	47,87	33,40
	INTA	26,95	14,40
	UBA	26,17	18,37
	UNLP	20,35	14,75
	CIC	10,50	4,82
	UNMdP	8,94	6,17
	UNC	7,59	5,96
	UNS	7,02	5,32
	UNRC	5,18	3,97
	UNICEN	3,69	2,98
	UNL	3,55	2,62
	UNR	2,70	1,84
	UNSAM	1,70	1,13
	UNER	1,35	0,92
	CREA	1,13	0,50
Otros	22,06	11,00	
Maíz	CONICET	43,85	28,28
	INTA	33,33	20,05
	UBA	23,88	16,38

	UNRC	11,90	9,78
	UNLP	9,45	5,54
	UNR	8,80	6,76
	UNMdP	8,80	6,52
	UNC	6,60	4,73
	CIC	3,67	1,71
	UNL	3,34	2,28
	UNT	2,20	1,55
	Monsanto Argentina	1,96	0,81
	UNLZ	1,96	1,06
	UNER	1,79	1,22
	CREA	1,55	0,65
	Otros	26,98	11,77
	CONICET	46,81	33,49
	UBA	25,07	18,51
	INTA	23,10	13,43
	UNLP	13,61	9,31
	UNC	9,49	6,45
	UNR	7,58	5,55
	UNMdP	6,33	4,66
Soja	UNRC	5,19	3,88
	UNL	4,24	3,52
	UNS	3,94	2,99
	UNT	3,64	1,97
	CIC	3,34	0,90
	UNQ	2,69	1,79
	UNSL	1,97	1,01
	UNER	1,79	0,96
	Otros	26,27	13,13
	CONICET	50,00	38,74
	INTA	23,33	16,21
	UBA	20,92	14,37
	UNS	18,51	14,71
	UNMdP	16,09	12,64
	UNLP	10,69	7,36
	UNC	6,32	2,99
Girasol	CIC	5,52	3,10
	UNL	5,40	4,37
	Advanta Semillas	4,48	1,84
	UNR	3,68	2,76
	UNICEN	3,56	2,64
	UNRC	3,56	2,41
	UNSAM	3,10	1,15
	Nidera	1,72	1,38

Otros 15,75 8,27

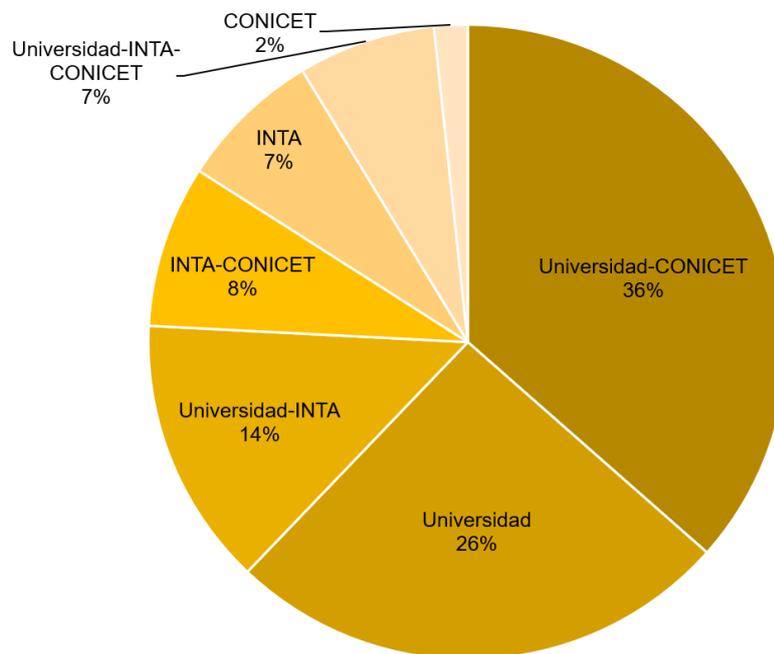
*CONICET = Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas; INTA = Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; UBA = Universidad de Buenos Aires; UNLP = Universidad Nacional de La Plata; UNS = Universidad Nacional del Sur; UNMdP = Universidad Nacional de Mar del Plata; UNL = Universidad Nacional del Litoral; UNLP = Universidad Nacional de La Plata; UNC = Universidad Nacional de Córdoba; CIC = Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires; UNR = Universidad Nacional de Rosario; UNICEN = Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires; UNRC = Universidad Nacional de Río Cuarto; UNSAM = Universidad Nacional de San Martín; UNQ = Universidad Nacional de Quilmes; UNER = Universidad Nacional de Entre Ríos; UNT = Universidad Nacional de Tucumán; UNSL = Universidad Nacional de San Luis.

Tabla 3.3. Participación sobre el total de publicaciones como primer autor (% 1^{er} autor / Totales) de las universidades nacionales argentinas entre 2000 y 2018 para los cultivos de trigo, maíz, soja y girasol. Se detallan únicamente las diez universidades son mayor participación sobre el total de publicaciones sumadas de los cuatro cultivos, con el resto de las organizaciones (24) integrando el grupo “Otros”. Los datos de publicaciones se obtuvieron de Scopus. N = 3753.

Organización	% 1 ^{er} autor / Totales
UBA	25,93
UNLP	14,37
UNMdP	10,29
UNC	8,00
UNRC	7,59
UNS	7,56
UNR	6,55
UNL	4,69
UNICEN	2,43
UNT	1,71
Otros	10,87

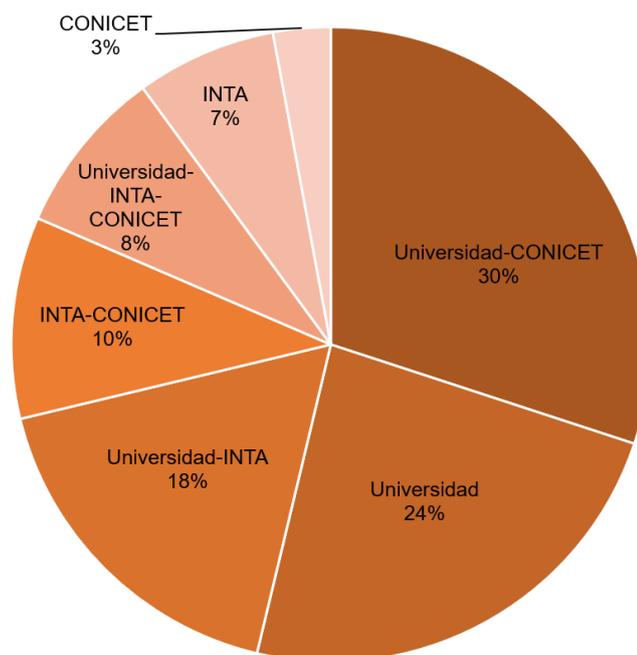
A pesar de que cuando se consideró la producción de cada universidad de manera independiente, el CONICET fue la organización con mayor producción científica, al considerar la producción de las universidades nacionales como un conjunto ese ordenamiento fue diferente. Dentro de la producción de conocimiento de las organizaciones centrales de I&D de Argentina, las universidades nacionales en conjunto participaron de la mayor proporción de los trabajos (83% en trigo, 80% en maíz, 83% en soja y 87% en girasol), seguidas por el CONICET (53% en trigo, 51% en maíz, 53% en soja y 57% en girasol) y el INTA (36% en trigo, 43% en maíz, 33% en soja y 34% en girasol). La colaboración entre organizaciones fue muy elevada (con la posibilidad de que un mismo autor haya formado parte de dos o más organizaciones), ya que la proporción de los casos de publicaciones por sólo un tipo de organización fue de 35% en trigo, 34% en maíz, 37% en soja y 29% en girasol. La mayor proporción de las coautorías entre dos tipos de organización central se dio entre universidades nacionales y el CONICET, mientras que la triple colaboración entre universidades nacionales, el INTA y el CONICET fue poco frecuente (7% en trigo, soja ,8% en maíz y 6% en girasol). Las universidades nacionales

fueron el tipo de organización central que publicó una mayor proporción de trabajos sin colaborar con otra organización central (23-28%).



TRIGO

Figura 3.2. Distribución de los trabajos publicados entre 2000 y 2018 por las organizaciones centrales de I&D agropecuaria en Argentina en el cultivo de trigo. Universidad = todas las universidades nacionales. Se muestran las autorías en solitario (Universidad; INTA; CONICET) y las colaboraciones entre dos (Universidad – CONICET; Universidad – INTA; INTA - CONICET) o tres (Universidad – INTA – CONICET) organizaciones. Los datos de publicaciones se obtuvieron de Scopus.



MAÍZ

Figura 3.3. Distribución de los trabajos publicados entre 2000 y 2018 por las organizaciones centrales de I&D agropecuaria en Argentina en el cultivo de maíz. Universidad = todas las universidades nacionales. Se muestran las autorías en solitario (Universidad; INTA; CONICET) y las colaboraciones entre dos (Universidad – CONICET; Universidad – INTA; INTA - CONICET) o tres (Universidad – INTA – CONICET) organizaciones. Los datos de publicaciones se obtuvieron de Scopus.

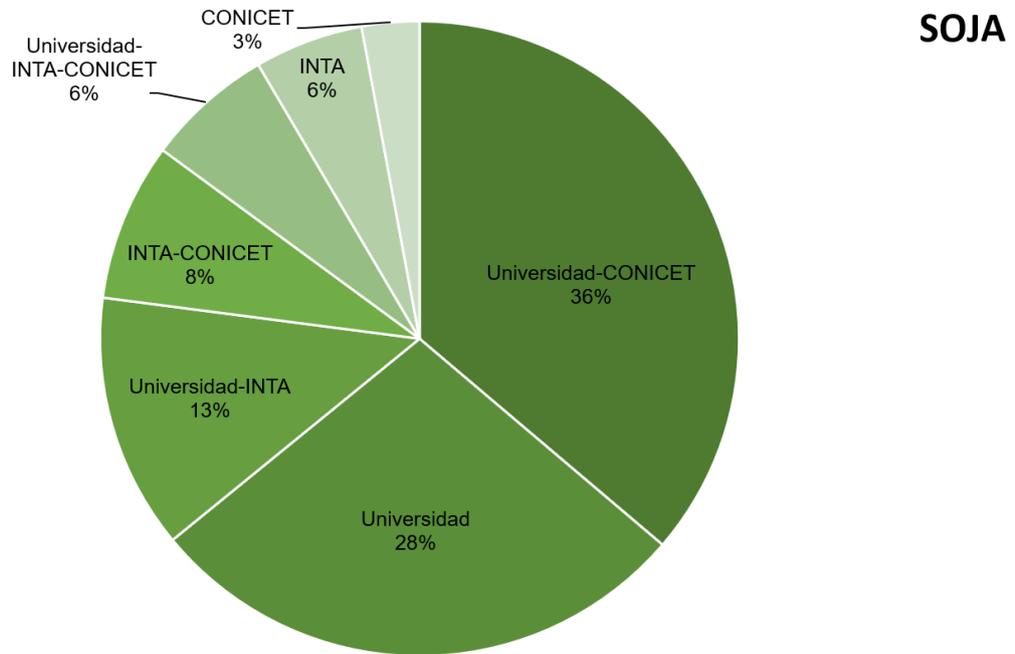


Figura 3.4. Distribución de los trabajos publicados entre 2000 y 2018 por las organizaciones centrales de I&D agropecuaria en Argentina en el cultivo de soja. Universidad = todas las universidades nacionales. Se muestran las autorías en solitario (Universidad; INTA; CONICET) y las colaboraciones entre dos (Universidad – CONICET; Universidad – INTA; INTA - CONICET) o tres (Universidad – INTA – CONICET) organizaciones. Los datos de publicaciones se obtuvieron de Scopus.

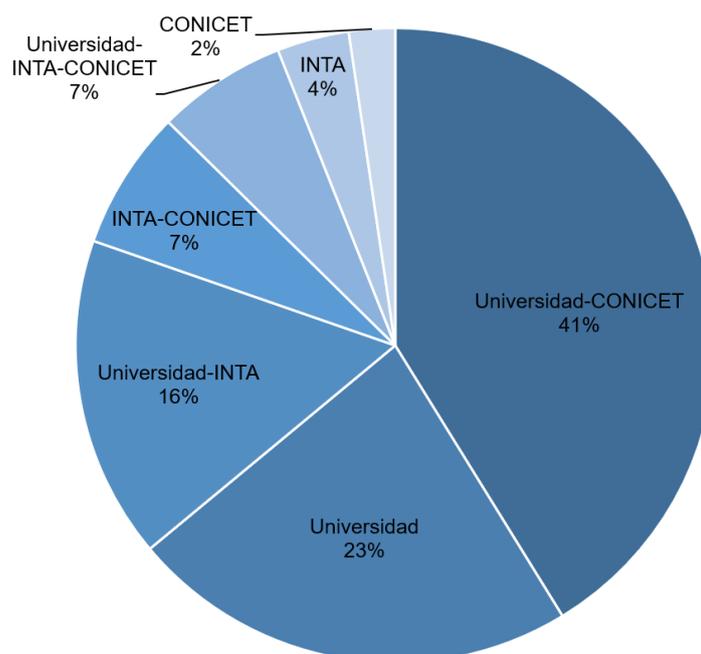


Figura 3.5. Distribución de los trabajos publicados entre 2000 y 2018 por las organizaciones centrales de I&D agropecuaria en Argentina en el cultivo de girasol. Universidad = todas las universidades nacionales. Se muestran las autorías en solitario (Universidad; INTA; CONICET) y las colaboraciones entre dos (Universidad – CONICET; Universidad – INTA; INTA - CONICET) o tres (Universidad – INTA – CONICET) organizaciones. Los datos de publicaciones se obtuvieron de Scopus.

3.4. Discusión

3.4.1. La colaboración internacional del sistema argentino de I&D agropecuaria

En otros estudios con diferentes muestras con publicaciones de muchos países y variadas disciplinas, la colaboración internacional en ciencias (co-autorías entre más de un país) aumentó la calidad de las publicaciones científicas medidas en cantidad de citas por artículo (Schmoch y Schubert, 2008; Arunachalam y Doss, 2000). Schmoch y Schubert (2008) sugirieron que las ventajas de la colaboración internacional se deben a que permite expandir el potencial mercado de exposición (i.e. comunidad de científicos). Resultó interesante la cantidad de países diferentes (88) con los que los autores argentinos colaboraron en las publicaciones científicas en trigo, maíz, soja y girasol. Alrededor de la mitad de las publicaciones de organizaciones argentinas analizadas fueron en colaboración con otros países. Esto sugiere un intermedio-alto grado de colaboración internacional de Argentina en la producción de conocimiento científico en los cuatro cultivos. A modo de comparación, en 2005, un 23% de los artículos científicos indexados en el Science Citation Index tuvieron autores de más de un país (Leydesdorff y Wagner, 2008). Para el conjunto de artículos del Science Citation Index en 2015, en 200 países analizados se manifestó una gran variabilidad general de proporción de artículos en co-autoría internacional (entre 10% y 100%; Costa Ribeiro et al., 2018). Sin embargo, existieron tres grandes niveles en los que se agruparon los países: i) países de ingreso medio con un sistema de investigación en desarrollo y algunos países de altos ingresos con un sistema de investigación de alto desarrollo (cerca del 30% de artículos en co-autoría internacional); ii) países de medianos y altos ingresos con un sistema de investigación de alto desarrollo (40%); iii) países de

ingresos bajos con un sistema de investigación en desarrollo incipiente y fuerte dependencia de la co-autoría con otros países (70%) (Costa Ribeiro et al., 2018).

Estados Unidos fue el país con la mayor proporción de co-autorías con organizaciones argentinas (Tabla 3.1.). Esto no resulta extraño, ya que Estados Unidos es el principal productor de conocimiento científico a nivel mundial en esta área (ver Capítulo 2). Además, Estados Unidos forma parte de lo que se ha llamado como “grupo central de cooperación internacional en ciencias” por Leydesdorff y Wagner (2008) formado por países que cooperan con un gran número de países, con alto número absoluto de artículos publicados en cooperación internacional, aunque estos representen alrededor de un 25% de sus publicaciones totales. Los investigadores iberoamericanos en conjunto con los españoles y portugueses forman un nodo colaborativo con preferencias mutuas para desarrollar ciencia en todas las áreas (Schubert y Glänzel, 2006). El presente estudio no fue la excepción ya que los investigadores argentinos de ciencias agropecuarias colaboraron mucho con España y Brasil. Las causas pueden haber sido la emigración sucedida a principios de siglo de científicos argentinos hacia ese país (Luchilo, 2011), manteniendo el contacto con excolegas y grupos de trabajo, como también a las facilidades de comunicación debidas al lenguaje. El alto porcentaje de colaboración con organizaciones brasileñas podría vincularse a la cercanía geográfica que puede ocasionar problemas comunes en una ciencia biológica como la agronomía. Además, cabe destacar que Argentina tiene a Brasil como principal socio comercial en el país y como co-miembro del MERCOSUR.

Varios países europeos, como Reino Unido, Alemania y Francia, junto con Australia, se encontraron dentro de un segundo grupo de países que colaboró en gran medida con organizaciones argentinas en todos los cultivos (1-4% del total de publicaciones argentinas por cultivo). Este grupo de países desarrollados tienen alta tradición en investigación y se encuentran dentro de los mayores colaboradores en la producción científica a nivel mundial, integrando el “grupo central”, incluso por encima de Estados Unidos (Leydesdorff y Wagner, 2008; Guerrero Bote et al., 2012). La emigración de científicos argentinos, junto con áreas temáticas similares y la oferta de becas de movilidad o de proyectos conjuntos podrían haber sido las causas de la colaboración en esta área de la ciencia en particular. Algo a destacar es la proporcionalmente reducida colaboración acaecida con países de creciente nivel de ingresos medios y alta producción científica reciente como China e India (ver Capítulo 2). La colaboración con ambos países podría ser de interés estratégico para Argentina dadas las tendencias observadas del crecimiento en la producción científica china e india de los últimos años y las proyecciones futuras. Las barreras idiomáticas y culturales deben ser tenidas en cuenta en este caso, ya que en algunos casos han demostrado ser barreras para la colaboración internacional en ciencias (Mitchel et al., 2004). Sin embargo, su efecto podría estar disminuyendo en un mundo actual con cada vez más alternativas para la comunicación (Sujin, 2011).

3.4.2. La producción de conocimiento de las organizaciones argentinas de I&D agropecuaria

El número de organizaciones diferentes que produjeron conocimiento científico agropecuario entre 2000 y 2018 en Argentina fue muy elevado (175). Sin embargo, una gran proporción fue producida por unas pocas (entre las cinco organizaciones de mayor producción produjeron ca. 65% de las publicaciones como primer autor en todos los cultivos; Tabla 3.2). Cabe destacar la existencia de una asimetría de incentivos entre los actores de las organizaciones públicas y las privadas propia de la naturaleza del problema analizado. Mientras que la necesidad de hacer públicos los resultados de un programa de investigación que conlleva la publicación de artículos en revistas de alto impacto, es una

de las principales unidades de medida de la productividad laboral (y, por lo tanto, de su posibilidad de alcanzar mejores salarios, mejores subsidios y expandir sus equipos de trabajo; Miller et al., 2013) de los actores de las organizaciones públicas de investigación (altos incentivos), esto es exactamente lo que puede desincentivar la participación de actores del sector privado (sin contar las universidades privadas) que son los principales inversores en I&D agropecuaria en el mundo (Pardey, 2016). Esto podría explicar la baja participación sobre el total que tuvieron estos actores en Argentina y su relativamente menor proporción de artículos publicados como primer autor que en otra posición de la coautoría. No obstante, en este capítulo también se encontró que las universidades privadas en Argentina prácticamente no produjeron conocimiento científico de calidad (Oosterheld et al. (2002) también habían encontrado algo similar). Esto no debería obedecer a un problema de incentivos como el mencionado, ya que la medida de productividad de sus actores se corresponde con la de los actores del sector público ya mencionada. De querer aumentar su prestigio académico en el área de agronomía, esto sería un punto para tener en cuenta para los tomadores de decisiones de las universidades privadas argentinas.

Por otro lado, el 43% de las organizaciones fueron referenciadas de más de una manera y eso fue especialmente notorio dentro de las organizaciones de mayor producción científica agropecuaria (Figura 3.1). Una de las variables comúnmente utilizadas para destacar la relevancia o el prestigio a nivel mundial de una organización que lleva a cabo tareas de investigación (por ejemplo, los rankings de universidades como QS University Rankings, <https://www.qs.com/rankings/>), es el impacto de las publicaciones científicas de los miembros de la organización. Consecuentemente, lo encontrado refleja una falla importante ya sea en los mecanismos de comunicación, reglamentación o control de la manera de referir la afiliación de los empleados de estas organizaciones y es de primordial necesidad la mejora urgente en este aspecto.

Al ser tomadas en conjunto, las universidades nacionales se mantuvieron como las mayores productoras de conocimiento científico agropecuario (Figuras 3.2-5), tal como habían encontrado Oosterheld et al. (2002) para los años anteriores a los analizados en este capítulo teniendo en cuenta la producción únicamente de las facultades de agronomía y en el conjunto de las disciplinas de las Ciencias Agropecuarias. No obstante, dos aspectos importantes difirieron aquí respecto a lo encontrado en ese trabajo previo. En primer lugar, la contribución relativa de las diferentes universidades nacionales fue diferente. A pesar de que la UBA se mantuvo como la universidad con mayor producción de conocimiento en los cuatro cultivos analizados, su participación porcentual fue drásticamente menor (de un 40% del total con la organización como primer autor encontrado por Oosterheld et al. (2002) a ca. 26% en este trabajo), con el consecuente aumento de la participación de otras universidades nacionales. Las otras universidades dentro de las primeras fueron las mismas con pequeños cambios ordinales entre ellas. Se puede argumentar que la muestra en ambos trabajos es diferente en su naturaleza, ya que pueden existir en diferentes universidades grupos de trabajo de alta producción de conocimiento trabajando en: i) facultades que no sean de agronomía que no hayan sido incluidos en el análisis por Oosterheld et al. (2002) y/o ii) disciplinas o cultivos diferentes a los analizados aquí que sí hayan sido incluidos en el análisis por Oosterheld et al. (2002). Eso cambiaría las conclusiones a partir de la comparación realizada. Sin embargo, los datos obtenidos en este capítulo no dejan de ser un indicador importante del estado actual y la comparación puede igualmente ser realizada tomando los recaudos adecuados.

En segundo lugar, se destacó el crecimiento de la participación del CONICET, especialmente compartiendo autoría con las universidades nacionales. Mientras que Oosterheld et al. (2002) registraron una participación del 46% de autorías únicamente de universidades y del 25% de universidades y CONICET en conjunto, aquí se mantuvieron

aproximadamente las proporciones, pero con un cambio ordinal (en el primer lugar las colaboraciones y en el segundo lugar las universidades nacionales en solitario). Además, se incrementó la participación de los trabajos publicados en conjunto por las universidades y el INTA y disminuyó la del INTA en solitario. Probablemente, la incorporación de investigadores formados dentro de las universidades al CONICET (incorporando una unidad financiadora para sus proyectos), así como la de investigadores del INTA a las universidades hayan explicado lo sucedido.

3.4.3. Una consideración sobre lo no cuantificado: la eficiencia en el uso de los recursos económicos de las organizaciones públicas de I&D agropecuaria

Como elemento final de discusión de este capítulo, es relevante considerar que las organizaciones públicas argentinas de I&D agropecuaria son financiadas a través de los impuestos de los contribuyentes con el fin de generar conocimiento científico y técnico de calidad y en cantidad, extensible al ámbito productivo, además de formar recursos humanos altamente capacitados con base científica. Por lo tanto, a pesar de que aquí se presentaron resultados descriptivos del sistema de I&D agropecuaria de Argentina (en lo que respecta a las publicaciones científicas, fuertemente basado en la producción de conocimiento del sector público), el análisis fue parcial, ya que no consideró la productividad o eficiencia en el uso de los recursos económicos de las organizaciones analizadas (sugerido como un punto a mejorar en el país por Blake et al. (2003)). Cada una de las universidades nacionales difiere en su presupuesto y la eficiencia con la que usa el dinero destinado a investigación (Oesterheld et al., 2002). Además, los presupuestos del CONICET (<https://www.conicet.gov.ar/conicet-presupuesto/>) y el INTA (https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/presupuestado_y_ejecutado_inta_2019.pdf) son principalmente destinados a financiar los contratos del personal. La información es pública, pero la correcta discriminación de lo destinado específicamente a investigación supone una complejidad para aquel no familiarizado con el funcionamiento administrativo de cada organización. Una cuantificación comparativa de la producción de conocimiento por unidad de dinero gastado ayudaría a completar el diagnóstico a través de detectar organizaciones más y menos eficientes en el uso de los recursos fiscales. Luego, la detección de los mecanismos de incentivos y controles (Williamson, 1984) y de recompensas y castigos (Ménard, 1995) de cada una de las organizaciones completarían el análisis del marco micro-institucional (las reglas de juego en cada una de las organizaciones) para conocer las causas operativas de las diferencias de eficiencia entre organizaciones. Consecuentemente, se completaría la descripción de las organizaciones (i.e. un grupo de personas organizado con un propósito particular) y las instituciones (i.e. los límites diseñados por el ser humano que estructuran las interacciones políticas, económicas y sociales; las “reglas de juego”; North, 1991) existentes en el sistema de interés. El objetivo final debería ser conseguir la mayor cantidad de conocimiento producido por unidad de dinero de los ciudadanos gastado.

Caracterización disciplinaria y temática de la oferta del sistema argentino de I&D agropecuaria

4.1. Introducción

La investigación básica inicia el proceso de generación de conocimiento y tecnología agropecuaria (Spiertz, 2014). No obstante, no sólo importa la magnitud de la inversión en I&D agropecuaria sino también su dirección temática (Borrás y Slafer 2008). Las ciencias agropecuarias comprenden una amplia diversidad de disciplinas, cuya relevancia varía según las demandas de la sociedad, y la organización del sistema científico. Sin embargo, muchas veces la oferta de conocimiento es bastante independiente de las demandas de la sociedad. Otro motor que expande una disciplina es el impulso dado por nuevos descubrimientos muy citados (Small, 2006). Identificar los temas estudiados dentro del sector científico formal es de utilidad para reconocer, en combinación con las demandas de la sociedad, cuáles son los vacíos de conocimiento relevantes y re-orientar las investigaciones.

A partir del conocimiento experto, diversos autores han sugerido trayectorias futuras en los estudios por disciplina (Steiner y Hatfield, 2008; Nielsen, 1987; Hollinger, 1994). Fischer y Connor (2018) han discutido los temas relevantes en los próximos años para la ciencia de los cultivos, en particular, y las ciencias agropecuarias, en general. Particularmente destacaron la necesidad de generar conocimiento específico para aumentar los potenciales de rendimiento (en algunas regiones) y cerrar brechas de rendimiento (en otras regiones) a través de una intensificación sustentable que aumente la eficiencia en el uso de los recursos manteniendo los recursos genéticos y la biodiversidad. Por otro lado, encuestas a productores agropecuarios (Greer et al., 2015) y reuniones de trabajo de investigadores y expertos con miembros del gobierno (Ghodake, 2001) son otras de las metodologías utilizadas para definir los temas prioritarios en la investigación científica pasada y futura del sector agropecuario.

Como un complemento de la prospectiva (i.e., “¿hacia dónde ir?”) resulta útil poner en perspectiva (i.e., “¿qué sucedió?”) la investigación formal realizada de un país. El análisis bibliométrico de las publicaciones presentes en grandes bases de datos científicas permite realizar evaluaciones confiables de las disciplinas y los temas que fueron estudiados en cada gran área de interés científico. Esa aproximación fue utilizada, por ejemplo, en áreas de la economía y los negocios tales como emprendedurismo (Liñán y Fayolle, 2015), ciencias de la administración (Merigó y Yang, 2017), negocios familiares (Benavides-Velasco et al., 2013). Otra área que ha sido estudiada es ciencias de la computación (Yang y Tate, 2012). En ciencias naturales, han sido objeto de este tipo de estudios la ornitología (Beale, 2018), química de los alimentos (Kamdem et al., 2019), evaluación ambiental (Li y Zhao, 2015), servicios ecosistémicos (Malinauskaite et al., 2019) y la agrosilvicultura (Nair et al., 2005), entre otras.

En ecología, McCallen et al. (2019) reconocieron, mediante un análisis bibliométrico, áreas temáticas de diferente orden de importancia y las ordenaron de acuerdo con el cambio de la importancia de cada área en un período de tiempo prolongado (1980-2010). En la agricultura en general (incluyendo economía agraria), Sagar et al. (2013) evaluaron la evolución de las disciplinas y los términos de mayor ocurrencia en las publicaciones entre 1993 y 2012. Oesterheld et al. (2002), centrándose en Argentina en particular, realizaron una comparación del espectro disciplinario atendido por los investigadores de las ciencias agropecuarias entre 1996 y 1998. Encontraron grandes diferencias en la producción de conocimiento entre disciplinas. Además, se visibilizaron diferencias al efectuar una comparación con la distribución disciplinaria de otro país (en ese caso, Australia).

El último trabajo que separó cuantitativamente la investigación agropecuaria argentina en grandes áreas de conocimiento es el de Oesterheld et al. (2002). Además, no

existen estudios actualizados sobre los temas específicos que han sido objeto de estudio en los principales cultivos extensivos de Argentina.

En este capítulo se abordó el objetivo específico (iv) de la tesis: *describir la oferta del sistema argentino de I&D agropecuaria desde las disciplinas y los temas estudiados*. Los objetivos particulares del capítulo fueron: i) discriminar y comparar la producción relativa de conocimiento científico entre las diferentes disciplinas dentro de las ciencias agropecuarias en el mundo y en Argentina; ii) evaluar los temas específicos en los que se ha centrado la producción de conocimiento científico en las ciencias agropecuarias en general y en los cultivos de trigo, maíz, soja y girasol, en particular, en Argentina.

4.2. Metodología

Para cumplir con el primer objetivo de este capítulo se estimó la producción científica por disciplina dentro de las ciencias agropecuarias de acuerdo con el portal SCImago (SCImago, (2019)). SCImago muestra los rankings por país y por revista científica de acuerdo a diferentes métricas comúnmente utilizadas en el ámbito académico a partir de información obtenida de la base de datos Scopus. SCImago permite filtrar la producción por país, año y áreas de estudio, dentro de las cuales se incluye Ciencias Agropecuarias y Biológicas (Agricultural and Biological Sciences, en inglés). Además, dentro de cada área ofrece la información por disciplina; para las Ciencias Agropecuarias y Biológicas las disciplinas son: Misceláneas (no incluida en este trabajo); Agronomía y Ciencia de los Cultivos (se abreviará como Ciencia de los Cultivos); Ciencia Animal y Zoología (se abreviará como Ciencia Animal); Ciencia Acuática; Ecología, Evolución, Comportamiento y Sistemática (se abreviará como Ecología); Ciencia de los Alimentos; Silvicultura; Horticultura; Ciencia de los Insectos; Ciencia de las Plantas y Ciencia del Suelo. Debido a que no están presentes en el área Ciencias Agropecuarias y Biológicas de SCImago, las publicaciones específicas en las disciplinas de economía, negocios y sociología agropecuarios no se incluyeron en el análisis.

Para cada disciplina, se obtuvo la cantidad de artículos publicados por año en Argentina y en todo el mundo en el período 2000-2018. Para comparar la producción científica entre disciplinas, se calculó, en primer lugar, la participación porcentual de cada disciplina en la producción total de artículos del mundo y de Argentina en todo el período. En segundo lugar, se calculó la tasa de cambio relativa de los artículos publicados en cada disciplina en todo el mundo y en Argentina entre 2000 y 2018. La tasa de cambio relativa (año^{-1}) se calculó como la pendiente de la regresión lineal entre el logaritmo natural de los artículos publicados en cada año y el tiempo en años (Fisher, 1921).

Para cumplir con el segundo objetivo de este capítulo se realizó un análisis de los principales temas que fueron estudiados en las publicaciones científicas argentinas de los cultivos de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2018. Para cada caso, se restringió la búsqueda a aquellas publicaciones con el nombre del cultivo en la cita completa (título, resumen, palabras clave) y Argentina como el país de filiación de los autores. Un “tema” fue definido como cualquier término que estuviera relacionado con la actividad agropecuaria y que figurara en el título, resumen y/o palabras clave. Se realizó un filtro de términos previamente considerados de poco interés para la interpretación de resultados y/o relacionadas al diseño de experimentos (Tabla A2.1). La base de datos obtenida se analizó mediante el programa VOSviewer (van Eck y Waltman, 2010).

VOSviewer (Visualización De Similitudes) toma términos alojados en una base de datos y los mapea sobre la base de su frecuencia y aparición simultánea. Valora las veces que aparece cada término (densidad) y agrupa los que aparecen juntos en mayor proporción

de registros en *clusters* temáticos (co-ocurrencia de términos en los trabajos). Los umbrales de densidad y co-ocurrencia y el número de *clusters* a representar son determinados por los usuarios. En el mapa resultante el tamaño de los términos refleja su densidad y el color su pertenencia a un *cluster*. Puede resultar el caso de que dos palabras co-ocurrían en muchos trabajos, pero que sean identificadas en diferentes *clusters* debido a que no coinciden mutuamente con el resto de las palabras de alguno de los dos *clusters*; en este caso, las palabras serán identificadas en el mapa con diferente color (su respectivo *cluster*) pero aparecerán cerca una de la otra. En este trabajo se determinaron los umbrales de manera que permitieran visualizar fácilmente la importancia de los temas en cada *cluster* (el número de *clusters* fue menor o igual a 6).

Los parámetros más importantes para definir la construcción de los mapas fueron: i) el mínimo número de veces que debe haber aparecido un término para ser considerado dentro del análisis inicial (Min.n°; se eligió 10); ii) el porcentaje de los términos considerados inicialmente que se tendría en cuenta para realizar el análisis de asociación para generar los *clusters* (Term%; 60%). Un mayor detalle de la programación detrás de VOSviewer puede encontrarse en van Eck y Waltman (2007, 2009, 2011) y Waltman et al. (2010). La herramienta también permitió analizar la tasa de cambio relativa de los términos a lo largo del tiempo entre 2000 y 2018 y clasificar los principales temas que crecieron o cayeron en importancia. En este caso, como se buscó analizar la mayor cantidad de temas posibles (dejando de lado sólo los menos importantes) y el análisis se realizó para cada año (con un menor número de artículos incluidos en cada análisis individual, en comparación con el caso de analizar todos los artículos del período 2000-2018), se eligieron Min.n°=3 y Term%=60%.

Los mapas generados permitieron describir cuáles fueron los temas más estudiados por los investigadores argentinos en cada uno de los cuatro cultivos de interés.

4.3. Resultados

4.3.1. Distribución y evolución de las disciplinas agropecuarias estudiadas en el mundo y en Argentina

La distribución porcentual de las publicaciones de las diferentes disciplinas tuvo un patrón similar si se consideró todo el mundo o si sólo se consideró a la producción científica de Argentina, aunque existieron ciertas diferencias (Tabla 4.1). La disciplina de las Ciencias Agropecuarias y Biológicas en las que más publicaciones existieron tanto en el mundo como en Argentina fue Ecología. Los trabajos publicados en Ecología fueron casi el doble que los de la disciplina que quedó en segundo lugar (Ciencia de las Plantas en todo el mundo y Ciencia Animal en Argentina). Las disciplinas con menor número de publicaciones fueron Horticultura en todo el mundo y Silvicultura en Argentina. Las diferencias más notorias de las contribuciones porcentuales entre el mundo y Argentina ocurrieron en Ecología (ca. 6% mayor en Argentina), Ciencia Animal (ca. 2,2% mayor en Argentina) y Silvicultura (ca. 3% menor en Argentina). Ciencia de los Cultivos se ubicó cuarta entre las disciplinas tanto en el mundo como en Argentina, con ca. 10% del total de publicaciones.

Las disciplinas con mayor aumento relativo de publicaciones fueron Ciencia de los Alimentos en el mundo y Silvicultura en Argentina (Tabla 4.1). Por el contrario, las de menor aumento en forma relativa fueron Horticultura, Ciencia de los Insectos y Ciencia del Suelo a nivel mundial y Ciencia del Suelo en Argentina. Las diferencias más importantes en las tasas de cambio relativa entre el mundo y Argentina fueron en Silvicultura, Ciencia Animal y Ciencia de los Insectos (mayor tasa en Argentina) y en Ciencia de los Alimentos

(menor tasa en Argentina). En comparación con las otras disciplinas, Ciencia de los Cultivos tuvo una tasa de cambio relativa alta a nivel mundial (segunda disciplina con mayor incremento relativo), pero intermedia en Argentina (cuarta disciplina con mayor incremento relativo, junto con Ciencia de los Insectos). Cabe destacar que el ordenamiento según tasas de cambio relativas no se corresponde con aquel de las tasas de cambio absolutas, sino que sólo describe la evolución de cada disciplina teniendo en cuenta su tamaño. En general, las disciplinas con mayores aumentos absolutos en las publicaciones fueron aquellas con mayor número de publicaciones totales en el período.

Tabla 4.1. Distribución porcentual y tasa de cambio relativa de los trabajos publicados por disciplina de las Ciencias Agropecuarias y Biológicas por investigadores en el mundo y en Argentina entre 2000 y 2018. La clasificación disciplinaria corresponde a la de SCimago. Los datos fueron obtenidos de la base de datos de SCimago. Las disciplinas están ordenadas de mayor a menor distribución porcentual en el mundo.

Disciplina	Distribución porcentual		Tasa de cambio relativa	
	Mundo	Argentina	Mundo	Argentina
Ecología, Evolución, Comportamiento y Sistemática	22.21%	28.10%	0.066	0.078
Ciencia de las Plantas	13.76%	14.74%	0.046	0.050
Ciencia Animal y Zoología	12.41%	15.18%	0.057	0.086
Ciencia de los Alimentos	10.80%	8.92%	0.081	0.060
Agronomía y Ciencia de los Cultivos	10.97%	9.45%	0.067	0.064
Ciencia Acuática	9.94%	7.85%	0.045	0.059
Ciencia del Suelo	6.65%	5.16%	0.037	0.035
Silvicultura	4.98%	2.06%	0.062	0.106
Ciencia de los Insectos	4.89%	5.48%	0.037	0.064
Horticultura	3.40%	3.04%	0.037	0.057

4.3.2. Distribución y evolución de los temas estudiados en Argentina en los cuatro cultivos de interés

El análisis en el cultivo de trigo agrupó los temas en cuatro *clusters* (Figura 4.1). Los *clusters* agruparon temas relacionados a los determinantes ecofisiológicos y genéticos del rendimiento (azul), el manejo del cultivo (rojo), la calidad industrial y nutricional del grano (amarillo) y las adversidades del cultivo (verde). Los temas particulares más recurrentes fueron los genes, la resistencia a enfermedades y los rasgos fisiológicos relacionados al desarrollo (azul); el suelo y el nitrógeno (rojo); la calidad, el producto final obtenido, las propiedades del grano y de los productos industriales y los productos industriales obtenidos como pan, harina y masa (amarillo); las enfermedades y sus cepas y, particularmente, el agente causal de la fusariosis de la espiga (verde).

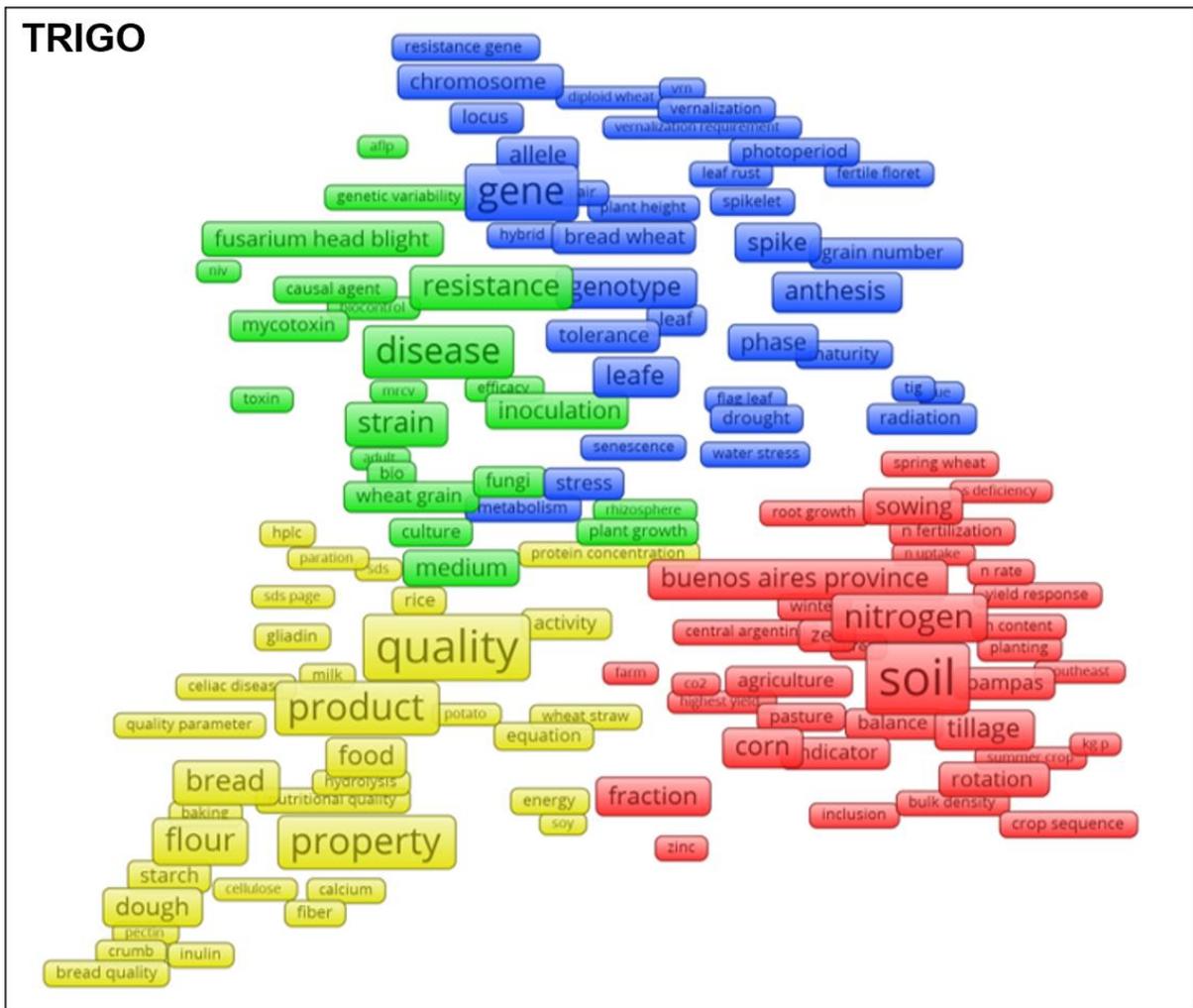


Figura 4.1. Mapa de temas más presentes en las publicaciones de investigadores argentinos en trigo entre 2000 y 2018 (n = 1410). Temas con el mismo color (*cluster*) co-ocurrieron en los mismos trabajos. Los datos fueron obtenidos de Scopus. El mapa fue generado mediante VOSviewer. El detalle de los términos incluidos en cada *cluster* se muestra en la Tabla A2.2.

Para el cultivo de maíz, los temas fueron agrupados en cinco *clusters* (Figura 4.2). Los *clusters* agruparon temas relacionados a los determinantes ecofisiológicos del rendimiento (amarillo), el manejo del cultivo (rojo), las plagas y aspectos genéticos del cultivo (verde), las enfermedades del cultivo y cuestiones de calidad forrajera (azul) y temas relacionados a fisiología molecular y composición de los granos (violeta). Los temas particulares más importantes fueron los híbridos, el rendimiento en grano, el estrés y el número de granos (amarillo); el suelo, el nitrógeno y las rotaciones (rojo); el crecimiento y las cepas de diferentes enfermedades (azul); y los genes, la actividad de los microorganismos y las dietas (violeta). En el *cluster* verde no se reconoció ningún tema de particular importancia.

más aumentaron, mientras *labranza convencional* y *hojas* los que más disminuyeron (Tabla A2.6). En maíz, *rasgo*, *proteína*, *rendimiento*, *soja* y *trigo* fueron los que más aumentaron, mientras que no hubo temas que disminuyeran significativamente (Tabla A2.7). En soja, los temas que más aumentaron fueron *cepa*, *rendimiento*, *temperatura* y *propiedades*, sin temas con disminuciones significativas (Tabla A2.8). En girasol, los temas con mayor aumento fueron *producto*, *especies* y *aceite*, sin temas con disminuciones significativas (Tabla A2.9). Cabe destacar que los temas que se consideraron en el análisis fueron aquellos con participación en muchos años de la serie, por lo que pueden haber existido temas con aumentos o disminuciones importantes, pero poco representados en la serie de años.

4.4. Discusión

4.4.1. Distribución y evolución de las disciplinas agropecuarias estudiadas en el mundo y en Argentina

En general, la distribución disciplinaria de las publicaciones en Agricultura y Ciencias Biológicas de Argentina fue similar a la del mundo. Ciencia de las Plantas (fisiología vegetal) y Ecología, Evolución, Comportamiento y Sistemática tuvieron la mayor cantidad de publicaciones en el mundo y en Argentina, en particular. Esto coincide con lo afirmado por Blake et al. (2002), en cuanto a que el apoyo oficial (fondos públicos) se destina crecientemente hacia las disciplinas cuyos resultados son menos pasibles de apropiación privada (e.g. investigación básica y relacionada con la conservación de la biodiversidad y protección del ambiente). Respecto a la Agronomía y la Ciencia de los Cultivos (disciplinas de interés particular en este trabajo), su participación porcentual fue levemente menor en Argentina que en el mundo. Si bien se puede asegurar que algunas de las disciplinas aparte de la Agronomía y la Ciencia de los Cultivos contribuyen de manera importante a la producción de cultivos de grano, los resultados son de interés para determinar la importancia (aparentemente, baja) que se le otorga a la investigación científica formal en el sub-sector de los cultivos de grano, el más importante (en términos de riqueza generada) del sector agropecuario en Argentina.

En este capítulo no se incluyeron las publicaciones relacionadas al área de Economía Agraria. Esto se puede justificar a través de los resultados de Sagar et al. (2013) quienes encontraron que, a nivel mundial, Economía y Políticas Agrarias fue el área de las Ciencias Agropecuarias con menor cantidad de publicaciones (sólo un 2,85% del total) en el período 1993-2012. Además, ese mismo trabajo mostró que el índice de especialización (i.e., para un país: proporción del total mundial de publicaciones en un área particular / proporción del total mundial de publicaciones en todas las áreas) de Argentina en el área de Economía y Políticas Agrarias era cercano a 1, sugiriendo que en Argentina la participación de las disciplinas económicas en el total de la producción científica agropecuaria también fue baja. Oesterheld et al. (2002) también encontraron que Economía Agraria (junto con Equipamiento y Maquinaria Agrícola) fueron las áreas con menos publicaciones dentro de las ciencias agropecuarias en el período 1996-1998.

El crecimiento relativo de las diferentes disciplinas se mantuvo en magnitudes similares a nivel general en Argentina y en el mundo. Sin embargo, la existencia de disciplinas con un crecimiento relativo comparativamente superior en Argentina que en el mundo (e.g. Ciencia Animal y Zoología, Ciencia de los Insectos) puede sugerir un interés particular en el país por esas áreas. No obstante, tanto en el mundo como en Argentina, las publicaciones crecieron más en términos absolutos en las disciplinas con mayor participación porcentual (por ejemplo, Ecología).

Las diferencias de crecimiento entre disciplinas dentro del país pueden provenir de esfuerzos de financiación direccionados intencionalmente o, más probablemente, como sugirieron Oesterheld et al. (2002), de la distribución disciplinar de grupos de trabajo muy productivos. Por ejemplo, si los grupos más productivos pertenecieran inicialmente por azar a unas pocas disciplinas, esas serían las que a lo largo de los años producirían más conocimiento, sin causas intencionales evidentes. Blake et al. (2002) mencionaron la ausencia de lugares reconocidos de concentración y excelencia en investigación en algunas áreas (destacaron fallas en la gestión estratégica de la investigación formal en Silvicultura), en contraste con otras disciplinas cuyos grupos tienen mucho prestigio (por ejemplo, Ecología). Lo sucedido en Argentina parece ser un fenómeno generalizado en el cual grupos consolidados liderados por científicos experimentados con mayor cantidad de publicaciones suelen aglomerar mayor cantidad de estudiantes de posgrado y subsidios para investigar (Miller et al., 2013). Esa información combinada con los resultados de este capítulo sugiere que las estrategias para impulsar el crecimiento en disciplinas de interés, pero rezagadas, debería seguir la lógica de incentivos dirigidos intencionalmente hacia esas áreas, con el fin de generar grupos consolidados. Por el contrario, si se desea especializar la producción científica del país en las disciplinas ya dominantes, los grupos consolidados seguirían siendo la mejor manera de formar profesionales con alta capacidad de producción científica en áreas específicas.

4.4.2. Distribución y evolución de los temas estudiados en Argentina en los cuatro cultivos de interés

El reconocimiento de los temas más importantes para trigo, maíz, soja y girasol arrojó resultados de mucha utilidad para caracterizar el comportamiento del sector de la investigación formal en estos cultivos. Algunos de esos resultados, incluso, fueron inesperados. Por ejemplo, en trigo, llama la atención que los temas relacionados a la calidad industrial del producto derivado del grano hayan sido los más importantes. Es posible que la interacción industria-academia haya sido exitosa en una etapa en la que ciertas restricciones comerciales y a la exportación llevaron a la producción a concentrarse en la calidad antes que en la productividad por hectárea. Por otro lado, suele decirse que la calidad industrial ha sido poco estudiada en los cultivos de grano. Posiblemente, esa demanda haya sido suplida por la oferta de investigación científica. Otra posibilidad es que las bases agronómicas de la determinación de la calidad continúen siendo poco estudiadas y que los artículos relacionados con la calidad hayan sido producidos por técnicos en alimentos. La metodología utilizada no permite distinguir cuál fue el enfoque de los artículos publicados. No obstante, es importante saber que la calidad no fue un tema poco estudiado en el cultivo de trigo.

En las últimas décadas, se ha puesto de manifiesto la preocupación por la potencial degradación de la estabilidad estructural y la fertilidad del suelo, y la sustentabilidad del sistema productivo generadas por la expansión de la monocultura de soja en Argentina. En base a los resultados encontrados, la preocupación ha sido abordada por el sistema de investigación científica, ya que los temas relacionados con el uso de la tierra, la expansión del cultivo y las rotaciones (particularmente importante el término *wheat* – trigo -) se encontraron dentro de los más importantes en las publicaciones sobre soja. Por otro lado, también fueron muy abordados los temas relacionados a la calidad industrial de los productos de soja. De este modo, a pesar de ser el cultivo con menor producción científica en Argentina dentro de los estudiados (Capítulo 2 de esta tesis), las potenciales problemáticas técnicas relacionadas con la calidad de sus insumos y productos de la industria sojera, principal fuente de ingreso de divisas del país (Senesi et al., 2016), han sido abordados por el sector científico formal.

En maíz, los temas más estudiados se relacionaron con la determinación del rendimiento a través del número de granos junto con los genes y los híbridos. En un cultivo sin un mercado que valore la calidad del producto con bonificaciones (SAGyP, 1994) y con el notable efecto en la productividad por hectárea del vigor híbrido en maíz (Duvick, 1992), los resultados no fueron sorprendentes. En el cultivo de girasol, dentro de los temas que sobresalieron por su importancia se encontraron el aceite, la proteína y la temperatura. Dada la poca cantidad de publicaciones en girasol (Capítulo 1 de esta tesis), la presencia de un grupo de trabajo con amplia trayectoria en la Universidad de Buenos Aires que ha centrado sus investigaciones en esos temas, en conjunto con las amplias aplicaciones industriales de los productos de este cultivo (el aceite en particular), posiblemente hayan traccionado ese resultado.

Es particularmente interesante lo sucedido con los temas relacionados al suelo. Mientras que la disciplina Ciencia del Suelo se encontró dentro de las que tuvieron menos publicaciones en total dentro de las Ciencias Agropecuarias y Biológicas (Tabla 3.1), el suelo apareció como el tema más importante en trigo y maíz, además de aparecer dentro del mapa de girasol. Muchos temas relacionados con la Ciencia del Suelo también fueron importantes en soja. Además, el nitrógeno fue un tema muy importante en trigo y maíz. Es posible que las publicaciones incluyendo esos temas no hayan sido catalogadas como publicaciones dentro de la disciplina “Ciencia del Suelo”, sino que en otra disciplina (e.g. “Agronomía y Ciencia de los Cultivos”, estudiando el suelo, sus procesos y su fertilidad en relación con el efecto sobre la producción o algún proceso agronómico). De cualquier manera, este resultado llama la atención y merece ser tomado en consideración al caracterizar el sistema de investigación científica agropecuaria formal en Argentina.

El rendimiento se encontró dentro de los temas estudiados con mayor aumento significativo en tres de los cuatro cultivos considerados, lo que muestra la orientación de la investigación hacia el objetivo físico principal de los actores de la producción primaria agropecuaria (incluidos los proveedores de genética). Por otro lado, se debe destacar el aumento de los temas relacionados a la calidad del producto de la producción primaria, incluyendo la calidad del grano (aceite en girasol, propiedades en soja) como la de los subproductos (harina de trigo y pan en trigo), sustentando el argumento de que la calidad de los productos ha dejado de ser un tema poco explorado en la investigación argentina sobre cultivos extensivos y sus productos. El aumento del estudio de las cepas (trigo y soja) puede relacionarse a la problemática creciente de la incidencia de patógenos a partir de la adopción de la siembra directa (Bockus y Shroyer, 1998). La investigación básica en microbiología y fitopatología se encuentra dentro de las “menos pasibles de apropiación privada” y su crecimiento podría alinearse con ese concepto (habiéndose dirigido el esfuerzo del sector privado al descubrimiento de moléculas capaces de disminuir las poblaciones de patógenos). Finalmente, la disminución de la importancia de la labranza convencional como tema de estudio se alinea con la adopción masiva de la siembra directa en Argentina en los últimos años y las abundantes evidencias recolectadas en décadas anteriores de la mejor performance de los sistemas extensivos bajo siembra directa por sobre aquellos bajo labranza convencional (Peiretti y Dumanski, 2014). En síntesis, podría argumentarse que entre 2000 y 2018 los temas con mayor crecimiento relativo dentro de los más estudiados en la investigación agropecuaria en Argentina fueron aquellos con mayor impacto directo en las problemáticas de la producción física y los productos primarios y secundarios.

4.4.3. Discusión final

Andrade (2012) manifestó la necesidad de generar conocimiento científico de calidad sobre los procesos y mecanismos determinantes del crecimiento, rendimiento y

calidad del producto primario, en interacción con el ambiente, para diseñar estrategias de manejo intensivas en conocimiento que mejoren la productividad, calidad, eficiencia en el uso de recursos e insumos y disminuyan el impacto ambiental de la producción agropecuaria. Borrás y Slafer (2008) sugirieron que el financiamiento para la investigación científica agropecuaria no debería centrarse únicamente en disciplinas limitadas (e.g. genética), sino que se debía mantener el esfuerzo por expandir la producción de conocimiento hacia diversas disciplinas que, en conjunto, impacten sobre la producción agropecuaria de manera positiva. Aquí se mostró que la participación porcentual por disciplina de las Ciencias Agropecuarias y Biológicas en los primeros años del siglo XXI se distribuyó de manera similar en Argentina que en el mundo. Se evidenciaron disciplinas y temas dominantes. También se pudieron encontrar vacíos de conocimiento que deberían ser cubiertos si algún sector del sistema económico agropecuario lo demandara. Los resultados encontrados en este capítulo podrían funcionar como un punto de referencia para evaluar los avances del sector de I&D agropecuaria formal en Argentina.

Caracterización de la demanda de conocimiento aplicado a la producción agropecuaria primaria en Argentina

5.1. Introducción

La actividad económica humana se manifiesta en el intercambio de bienes y servicios. De esta manera, una parte importante de la economía es el estudio de la oferta y la demanda. La oferta debe *“adaptarse incondicionalmente a las órdenes del capitán, el consumidor”* (Von Mises, 1949). Los actores de la oferta que suplen adecuadamente los deseos y necesidades insatisfechas de los actores de la demanda tendrán más éxito y su crecimiento devendrá de suplir aquella necesidad (Smith, 1776). Adicionalmente, una mayor capacidad de la oferta para satisfacer a la demanda se puede deber al cambio tecnológico como impulsor inicial en el aumento de productividad de los factores (Mokyr, 2005). El cambio tecnológico consiste en el proceso de invención, innovación y difusión de tecnología o procesos y en la actualidad tiene en una de sus fuentes más importantes a la I&D (Ibrahim, 2012). La importancia de la adopción del cambio tecnológico se pudo ver reflejada particularmente en el sector agropecuario con *“la respuesta contundente a la predicción malthusiana acerca del desfase entre el crecimiento de la población humana y la capacidad de proveer alimentos”* (Semmartin et al., 2012); es decir, a la adecuada satisfacción de la creciente demanda de alimentos. Como un componente de la economía, la I&D agropecuaria debería ser descripta, por lo tanto, desde los dos lados que interactúan constantemente: la oferta (caracterizada en el Capítulo 4) y la demanda, caracterizada en este (Sarewitz y Pielke Jr., 2007).

Los científicos pueden no estar produciendo información considerada relevante y útil para quienes demandan información (tomadores de decisiones) (McNie, 2007). En países desarrollados, las bases para evaluar la adecuación de la oferta y la demanda de conocimiento se han tornado más específicas y orientadas al mercado del conocimiento (Demeritt, 2002). En Argentina, la mayor parte de la investigación en I&D agropecuaria es realizada en organizaciones del sector público (Capítulo 3), lo que significa que se financia indirectamente a través de los impuestos de todos aquellos sujetos a una regla fiscal. Por lo tanto, la oferta debería tener en cuenta los intereses de un amplio y heterogéneo conjunto de demandantes, de los cuales no existe actualmente una caracterización.

El subsector de los granos en Argentina posee una estructura compleja, con un gran número de eslabones que se comunican entre sí y asimismo alcanzan gran parte de la sociedad. Caracterizar la demanda de conocimiento del subsector en su conjunto requeriría de una adecuada consideración de los deseos y las necesidades de los actores de cada uno de los eslabones, desde la provisión de servicios para la producción hasta el consumidor de alimentos y energía. Sin embargo, en los capítulos previos de esta tesis se ha hecho foco en la producción primaria de los cuatro cultivos extensivos más importantes del país: trigo, maíz, soja y girasol. La caracterización a nivel organizacional del sistema de producción de conocimiento agropecuario (Capítulo 3) y de las disciplinas y temáticas estudiadas (Capítulo 4) completaron la descripción de la oferta de conocimiento principalmente orientada a esa producción primaria. Por lo tanto, sería de interés caracterizar la demanda de conocimiento de los actores de la producción primaria.

La caracterización de la demanda puede ser efectuada de diferentes maneras, tales como encuestas, opinión especializada de paneles de expertos o estudios de mercado. Sin embargo, cuanto más cerca se esté del propio intercambio entre los actores de la oferta y la demanda, más acertada será la caracterización en su naturaleza, ya que el intercambio del derecho de propiedad (Demsetz, 1967) es el que marca que el bien o servicio demandado haya sido provisto por la oferta.

Adicionalmente, las maneras en las que los consumidores manifiestan la demanda cambian constantemente y también lo hace el *marketing*, o el análisis permanente de la demanda en conjunto con su satisfacción (Denner, 1971). La transición de este tipo de

análisis de la actividad económica ha atravesado varias etapas reconocibles e identificadas secuencialmente como *marketing 1.0* a *4.0* (Fuciu y Dumitrescu, 2018). Desde la idea inicial del *marketing 1.0* (el intercambio basado en los productos y la producción, con la oferta de pocos productos a muchos demandantes), pasando por la idea del *marketing 2.0* (las necesidades y deseos del consumidor deben ser atendidos y cumplidos) y la del *marketing 3.0* (los consumidores son seres humanos complejos cuyas emociones no deben ser negadas, que compran productos y servicios para satisfacer sus necesidades emocionales y espirituales) se ha llegado actualmente a la idea del *marketing 4.0* (una aproximación que combina los medios fuera de línea con aquellos en línea o digitales, en las cuales los últimos operan apalancando la interacción entre actores para mejorar la experiencia del cliente; Kotler et al., 2017).

Por lo tanto, se debería considerar para la caracterización deseada una herramienta que permitiera explorar numerosos intercambios entre los decisores de la demanda dentro del sector de la producción primaria (productores y/o asesores) y los oferentes de conocimiento científico y técnico (investigadores y expertos). Recientemente, la proliferación de medios de comunicación en internet ha permitido generar plataformas que cumplen los requisitos mencionados para el caso de Argentina. Agroconsultas Online (www.agroconsultasonline.com.ar) es una de ellas, de fácil acceso, libre ingreso, y alto caudal de participantes, lo cual la hace una herramienta propicia.

En este capítulo se abordó el objetivo específico (*v*) de la tesis: *describir la demanda de conocimiento científico de los actores primarios de la producción agropecuaria en Argentina*. El objetivo particular del capítulo fue caracterizar la demanda de conocimiento de los productores primarios agropecuarios argentinos para los cultivos de trigo, maíz, soja y girasol.

5.2. Metodología

Para cumplir con el objetivo de este capítulo se obtuvieron las consultas a “Expertos”, a “Empresas” y a “Usuarios Expertos” (todos catalogados como “expertos” de aquí en adelante) registradas en Agroconsultas Online desde el 5 de febrero de 2011 hasta el 24 de octubre de 2019. Se eligió Agroconsultas Online porque es abierto a cualquier consulta, los técnicos y científicos más reconocidos de las ciencias agropecuarias de Argentina proveen las respuestas y cubre un período similar al de los otros capítulos de esta tesis. Cada cliente menciona su localización geográfica (ciudad, provincia, país) al momento de registrarse. Cada consulta es iniciada por el cliente, quien asigna a su pregunta una categoría y una subcategoría dentro de una amplia oferta de posibilidades (Tabla A3.1). Además, puede elegir dirigir la consulta a un experto en particular o a todos en general. Luego de enviar la consulta, los expertos responden y puede haber sucesivas preguntas y respuestas.

De cada consulta se obtuvo la fecha, categoría, subcategorías, la localidad del cliente, la primera pregunta del cliente y la última respuesta del experto (en algunos casos existieron preguntas y respuestas sucesivas dentro de la misma consulta). El número total de consultas obtenido fue de 15110, de las cuales aproximadamente el 98% correspondieron a Argentina. Las consultas restantes provinieron de Uruguay, Bolivia, Brasil, Paraguay, Colombia, España, México, Estados Unidos, Venezuela y Guatemala. Dentro de Argentina, las provincias de donde provinieron la mayoría de las consultas fueron Buenos Aires (39%), Córdoba (27%), Santa Fe (16%), Entre Ríos (9%), La Pampa (4%), San Luis (1%) y Chaco (1%).

Primero, se sumaron todas las consultas clasificadas dentro de las subcategorías de Agroconsultas Online “trigo”, “maíz”, “soja” y “girasol” y se evaluó porcentualmente la participación de cada cultivo. Luego se clasificaron las consultas de cada cultivo según las categorías de Agroconsultas Online (i.e. disciplinas) y se evaluó porcentualmente la participación disciplinaria por cultivo.

Segundo, se repitió la clasificación temática realizada en el Capítulo 4. Un “tema” fue definido como cualquier término que estuviera relacionado con la actividad agropecuaria. Dentro de cada cultivo se analizó la frecuencia de los términos incluidos en la pregunta del cliente y la respuesta del experto. Se realizó un filtro de términos previamente considerados de poco interés para la interpretación de resultados y/o se eliminaron los términos comunes (artículos, preposiciones, nombres propios, etc.) y las palabras en plural fueron agrupadas junto con su singular y se contó la frecuencia de aparición de los términos restantes.

Finalmente, estos términos fueron clasificados por *clusters* y graficados mediante VOSviewer de manera similar a lo realizado en el Capítulo 4. Se eligieron $\text{Min.n}^\circ = 10$ y $\text{Term\%} = 60\%$, con la excepción del cultivo de girasol en el que se eligió $\text{Min n}^\circ = 5$ debido a la menor cantidad de consultas en comparación con los otros cultivos. Los mapas generados permitieron describir cuáles fueron los temas más consultados por productores y consultores agropecuarios en Argentina para trigo, maíz, soja y girasol entre 2011 y 2019. Además, los *clusters* generados permitieron reconocer cómo se agruparon esos temas. Por último, se realizó el mismo análisis para el conjunto de consultas de los cuatro cultivos.

5.3. Resultados

5.3.2. Demanda de conocimiento por cultivo

En el intervalo temporal analizado, hubo 6966 consultas en las subcategorías de trigo, maíz, soja y girasol, lo que representa un 46% del total. La mayor cantidad de consultas se refirió a soja (3335, 47,9%), seguida por maíz (1958, 28,1%), trigo (1245, 17,9%) y girasol (428, 6,1%). Soja y maíz presentaron un pico de consultas en 2012, con una caída gradual en los años posteriores (más pronunciada en soja que en maíz), trigo mostró una tendencia creciente (incluso siendo aquel con mayor cantidad de consultas en 2019) y girasol se mantuvo relativamente constante (Figura 5.1).

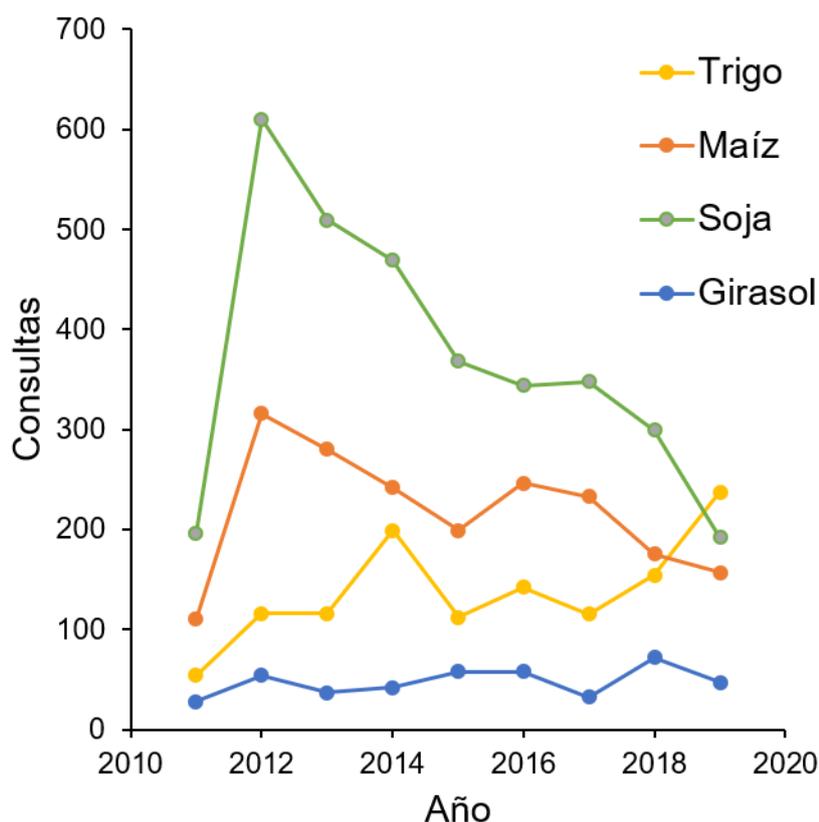


Figura 5.1. Cambio de la cantidad de consultas anuales en las subcategorías “trigo”, “maíz”, “soja” y “girasol” de Agroconsultas Online entre febrero de 2011 y octubre de 2019.

5.3.1. Clasificación disciplinaria de las consultas en trigo, maíz, soja y girasol

El control de adversidades (malezas + plagas + enfermedades) dominó las consultas en todos los cultivos (57% en trigo, 62% en maíz, 82% en soja y 80% en girasol; Figuras 5.2-5.5). Sin embargo, hubo diferencias entre cultivos. En trigo predominaron las consultas sobre control de enfermedades y malezas, con muy pocas consultas sobre control de plagas. En los tres cultivos de verano el control de malezas fue más consultado, seguido por las plagas y por último las enfermedades. Otras disciplinas con relativa importancia fueron Nutrición y Fertilización (entre 6 y 21% dentro de cada cultivo) y Ecofisiología y Manejo de cultivos (entre 8% y 20% dentro de cada cultivo). Hubo muy pocas consultas sobre el resto de las disciplinas.

TRIGO

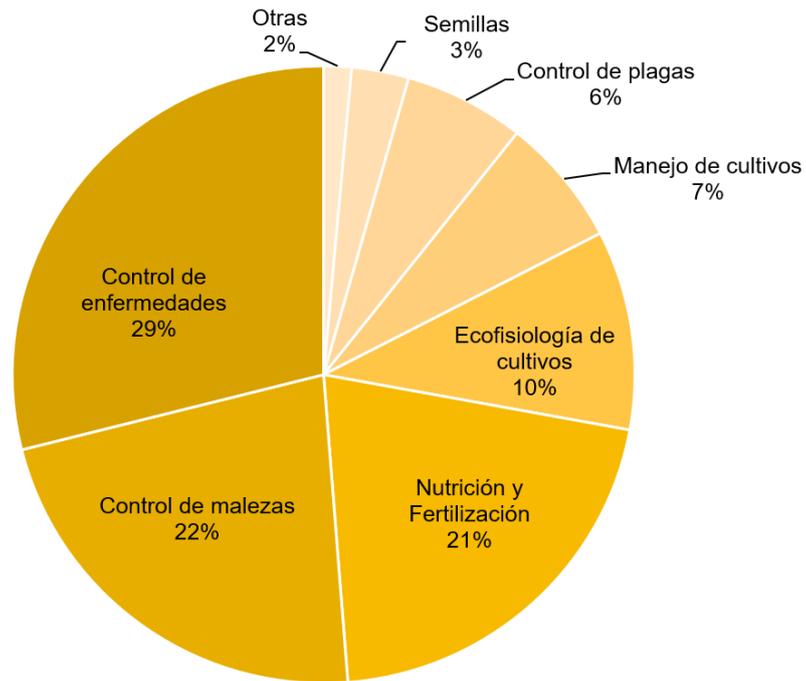


Figura 5.2. Distribución porcentual por categorías de las consultas dentro de la subcategoría “trigo” de Agroconsultas Online entre febrero de 2011 y octubre de 2019. n = 1245. Dentro de “Otras” se incluyen Calidad de semillas, Fecha de siembra y Calidad comercial.

MAÍZ

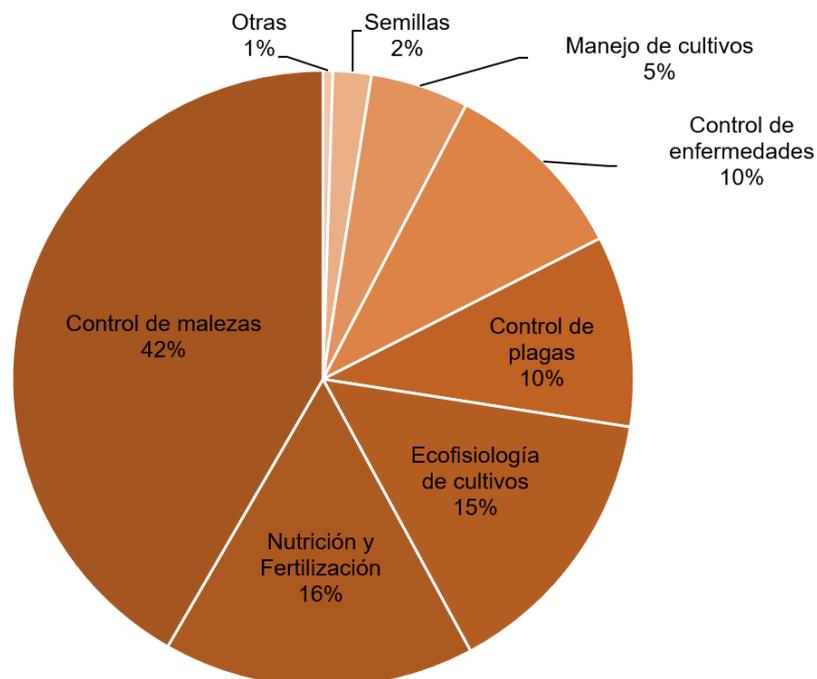


Figura 5.3. Distribución porcentual por categorías de las consultas dentro de la subcategoría “maíz” de Agroconsultas Online entre febrero de 2011 y octubre de 2019. n = 1245.

= 1958. Dentro de “Otras” se incluyen Calidad comercial, Calidad de semillas, Densidad y distanciamiento y Fecha de siembra.

SOJA

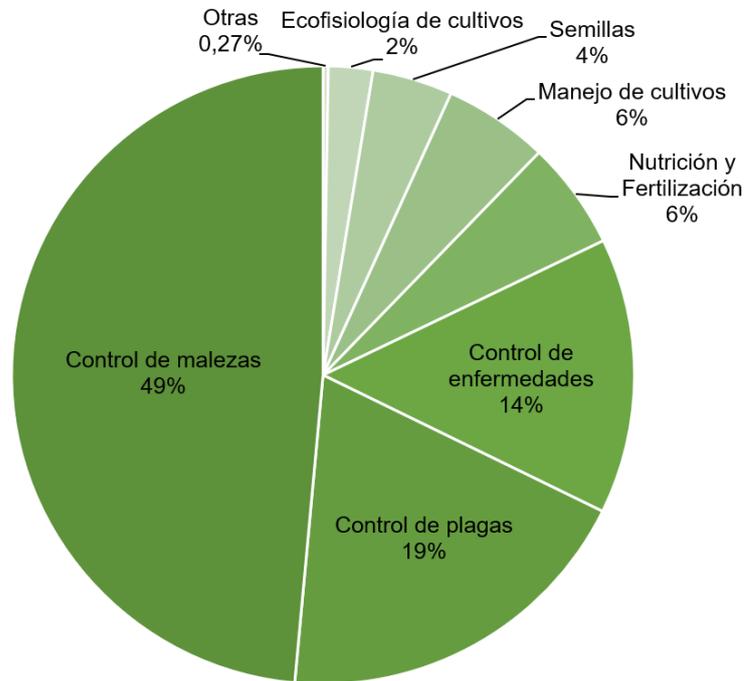


Figura 5.4. Distribución porcentual por categorías de las consultas dentro de la subcategoría “soja” de Agroconsultas Online entre febrero de 2011 y octubre de 2019. n = 33355. Dentro de “Otras” se incluyen Densidad y distanciamiento, Fecha de siembra y Calidad de semillas.

GIRASOL

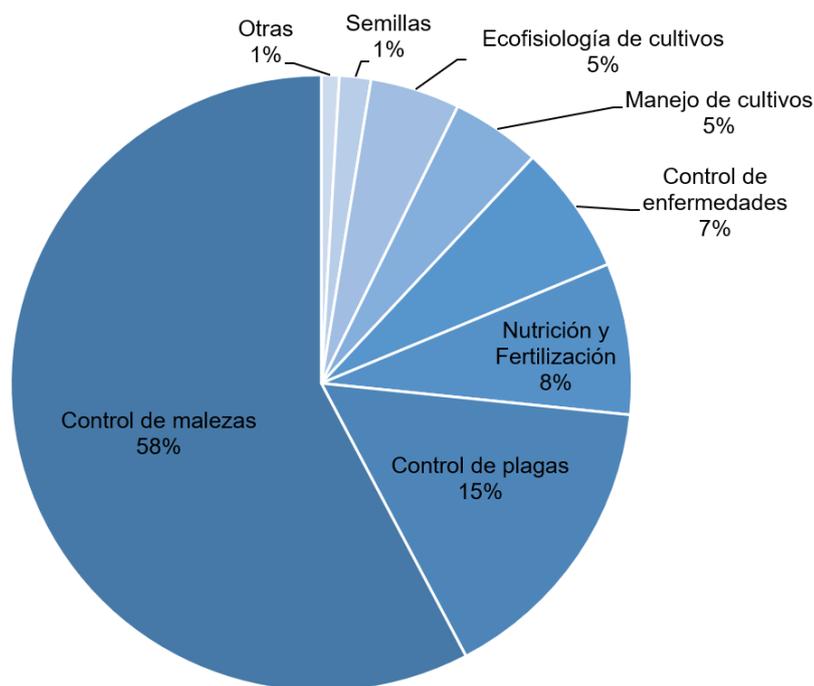


Figura 5.5. Distribución porcentual por categorías de las consultas dentro de la subcategoría “girasol” de Agroconsultas Online entre febrero de 2011 y octubre de 2019. n = 428. Dentro de “Otras” se incluyen Calidad comercial y Calidad de semillas.

5.3.2. Caracterización temática de las consultas en trigo, maíz, soja y girasol

En correlato con lo observado respecto a las disciplinas más consultadas, los temas más mencionados en las consultas se encontraron dentro de lo relativo a la toma de decisiones en el control de adversidades. Por ejemplo, “aplicar” fue el término más mencionado en todos los cultivos. Otros términos relacionados tales como “control”, “activos”, “dosis”; “tratamiento” y “mezclas” también fueron muy mencionados. Los términos relacionados a la problemática de malezas se destacaron particularmente en todos los cultivos, ya que los términos “malezas” y “rama negra” o “herbicidas”, “glifosato”, “atrazina”, “clearsol”, “fitotoxicidad” y “barbecho” abundaron en las consultas. En trigo cobraron relevancia las enfermedades (“hoja”, “roya”, “mancha”, “amarilla”, “enfermedad”, “incidencia”). “Nitrógeno” (en trigo, maíz y girasol), “fósforo” (en trigo, maíz y soja) y “urea” (en trigo) fueron consultas frecuentes. Dentro de los términos relativos a la ecofisiología o el manejo de los cultivos se destacaron “rendimiento”, “macollaje”, “suelo”. “híbrido”, “agua”, “emergencia”, “densidad” y “fecha”.

Tabla 5.1. Número de veces totales en que apareció cada uno de los 30 términos más frecuentes en las consultas dentro de las subcategorías “trigo”, “maíz”, “soja” y “girasol” de Agroconsultas Online entre febrero de 2011 y octubre de 2019.

Trigo		Maíz		Soja		Girasol	
Término	Frecuencia	Término	Frecuencia	Término	Frecuencia	Término	Frecuencia
aplicar	1810	aplicar	2411	aplicar	4414	aplicar	633
sembrar	1283	sembrar	2178	lote	2862	sembrar	500
nitrogeno	929	lote	1397	sembrar	2846	lote	350
lote	889	dosis	1085	control	2147	control	330
hoja	857	suelo	1043	glifosato	2067	malezas	321
dosis	710	malezas	896	dosis	1978	dosis	319
suelo	594	nitrogeno	892	malezas	1779	suelo	230
control	591	glifosato	873	plantas	1366	activos	230
mancha	583	control	850	herbicidas	950	herbicidas	214
fertilizar	551	plantas	803	suelo	925	glifosato	212
roya	542	atrazina	739	negra	908	sulfentrazone	173
rendimiento	413	hoja	735	hoja	894	soja	172
urea	350	fertilizar	600	rama	877	barbecho	171
malezas	346	fosforo	516	tratamiento	793	hoja	165
amarilla	346	soja	453	mezcla	789	negra	151
fosforo	324	herbicidas	424	fosforo	781	activo	141
macollaje	322	hibrido	400	maiz	748	rama	141
soja	319	año	336	semilla	657	maiz	135
enfermedad	315	herbicida	334	herbicida	636	cl	131
plantas	295	agua	322	producto	634	clearsol	126
mezcla	285	rendimiento	318	controlar	601	mezclas	124
semilla	273	tratamiento	316	año	574	residual	124
incidencia	272	emergencia	300	aceite	548	herbicida	117
momento	251	densidad	299	mancha	533	mezcla	116
calidad	248	barbecho	292	fecha	525	plantas	112
sintomas	237	fecha	290	sintomas	518	preemergencia	111
glifosato	235	rinde	286	productos	515	nitrogeno	101
ciclo	231	humedad	283	barbecho	499	contacto	84
año	230	tiempo	277	experimentos	498	productos	83
humedad	229	fitotoxicidad	274	lluvias	497	presiembr	83

La agrupación en *clusters* (Figuras 5.6-10) reflejó algo similar a los resultados previamente mencionados. En trigo (Figura 5.6) los términos se separaron en dos *clusters*, uno relacionado al manejo del cultivo y de malezas (rojo) y otro relacionado al manejo de enfermedades (verde). En maíz (Figura 5.7) también se separaron los términos en dos *clusters*, uno relacionado al manejo del cultivo (rojo) y el otro al manejo de malezas (verde). En soja (Figura 5.8) los términos fueron separados en tres *clusters*, uno relacionado al manejo de plagas (azul), otro al manejo de enfermedades (verde) y el tercero al manejo de malezas (rojo). En girasol (Figura 5.9) los tres *clusters* en los que se separaron los datos no presentaron claras distinciones temáticas, ya que en general los tres se relacionaron al manejo de malezas (uno pareció incluir términos relativos a los daños de malezas

particulares - rojo -, otro a la información de ensayos experimentales de productos - verde - y otro a la complejidad de las problemáticas a resolver - azul -). Por último, la Figura 5.10 muestra que cuando se incluyeron en un mismo análisis las consultas de todos los cultivos, los *clusters* no se agruparon según cultivo, sino que según áreas temáticas. Los términos fueron separados en cuatro *clusters*, uno relacionado al control de plagas (amarillo; con preponderancia de la problemática en soja), otro con el control de enfermedades (azul; con preponderancia de la problemática en trigo), otro con el manejo, ecofisiología y fertilización de cultivos (verde) y el último con el control de malezas (rojo). El término “malezas” se destacó notablemente por sobre todos los demás.

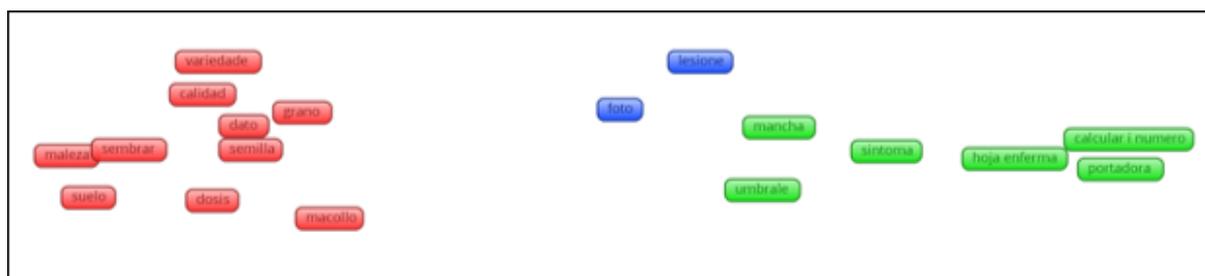


Figura 5.6. Mapa de relaciones entre los temas más presentes en las consultas dentro de la subcategoría “trigo” de Agroconsultas Online entre febrero de 2011 y octubre de 2019. Temas con el mismo color (*cluster*) co-ocurrieron en las mismas consultas. El mapa fue generado mediante VOSviewer. El detalle de los términos incluidos en cada *cluster* se muestra en la Tabla A3.2.

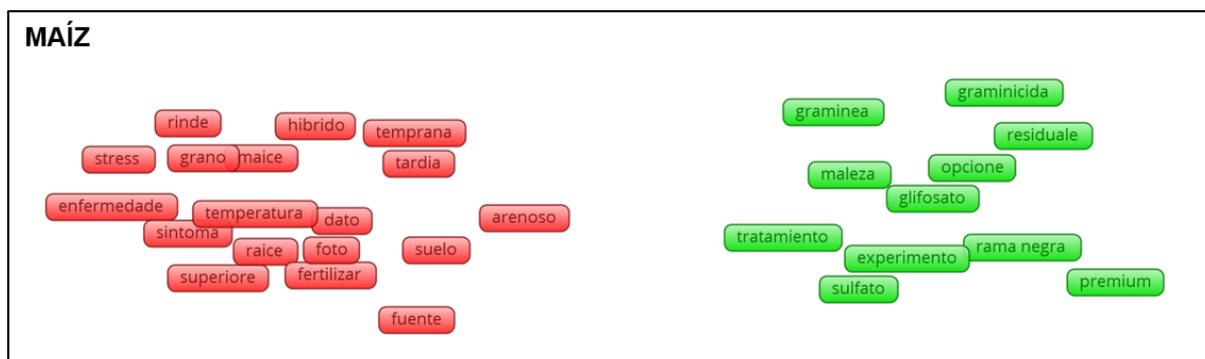


Figura 5.7. Mapa de relaciones entre los temas más presentes en las consultas dentro de la subcategoría “maíz” de Agroconsultas Online entre febrero de 2011 y octubre de 2019. Temas con el mismo color (*cluster*) co-ocurrieron en las mismas consultas. El mapa fue generado mediante VOSviewer. El detalle de los términos incluidos en cada *cluster* se muestra en la Tabla A3.3.

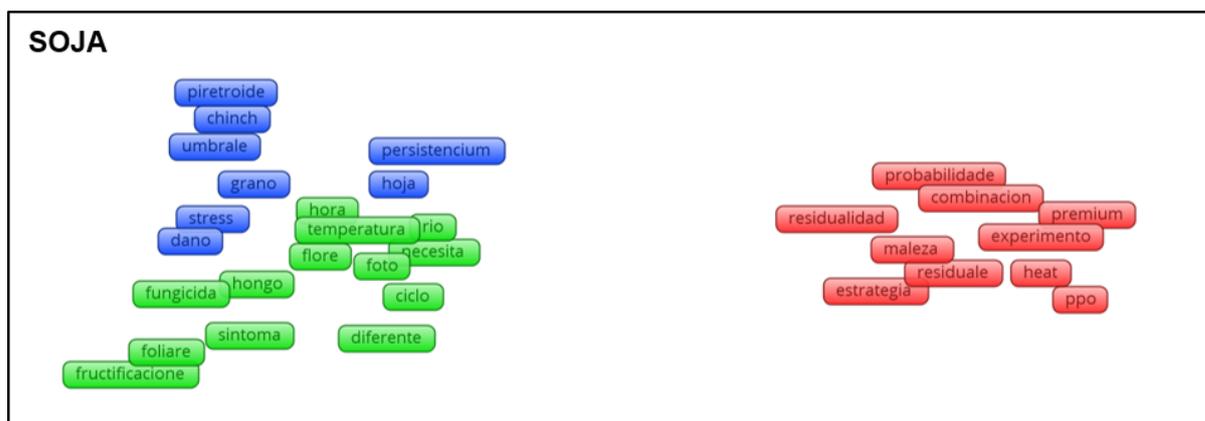


Figura 5.8. Mapa de relaciones entre los temas más presentes en las consultas dentro de la subcategoría “soja” de Agroconsultas Online entre febrero de 2011 y octubre de 2019. Temas con el mismo color (*cluster*) co-ocurrieron en las mismas consultas. El mapa fue generado mediante VOSviewer. El detalle de los términos incluidos en cada *cluster* se muestra en la Tabla A3.4.

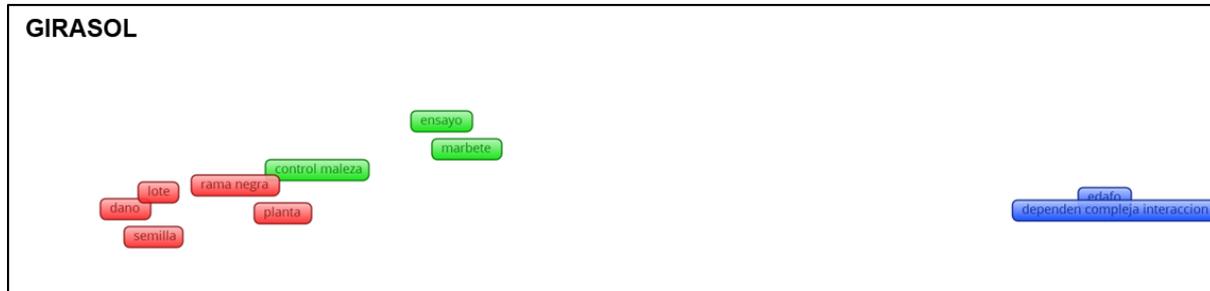


Figura 5.9. Mapa de relaciones entre los temas más presentes en las consultas dentro de la subcategoría “girasol” de Agroconsultas Online entre febrero de 2011 y octubre de 2019. Temas con el mismo color (*cluster*) co-ocurrieron en las mismas consultas. El mapa fue generado mediante VOSviewer. El detalle de los términos incluidos en cada *cluster* se muestra en la Tabla A3.5.

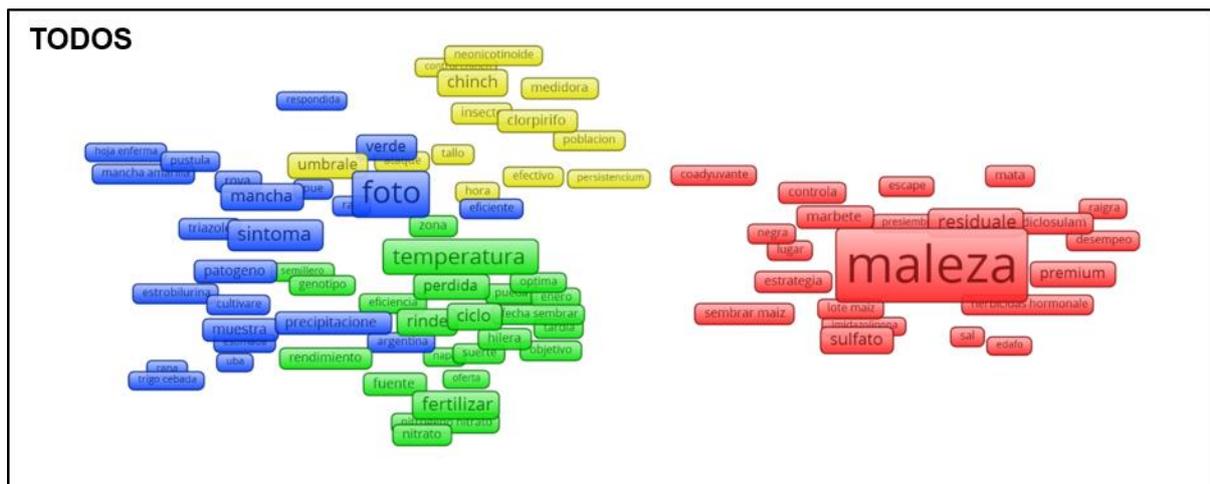


Figura 5.10. Mapa de relaciones entre los temas más presentes en el conjunto de las consultas de las subcategorías “trigo”, “maíz”, “soja” y “girasol” de Agroconsultas Online entre febrero de 2011 y octubre de 2019. Temas con el mismo color (*cluster*) co-ocurrieron en las mismas consultas. El mapa fue generado mediante VOSviewer. El detalle de los términos incluidos en cada *cluster* se muestra en la Tabla A3.6.

5.4. Discusión

Sarewitz y Pielke Jr. (2007) sugirieron que los *portfolios* de investigación con más probabilidad de colaborar con el progreso de la sociedad son aquellos en los que los decisores de las políticas de I&D parten de una comprensión adecuada de la oferta de ciencia, la demanda de ciencia y la relación entre ambas. Rodríguez et al. (2019), a través de encuestas en tres sub-regiones de la región pampeana, encontraron que los productores agropecuarios consideran las adversidades bióticas como uno de los principales problemas para llevar a cabo sus actividades empresariales con éxito y que las malezas son la principal problemática. Los resultados de este capítulo fueron consistentes con esos resultados al

evidenciar que las principales demandas del sector productivo primario agropecuario en Argentina tienen relación con el control de adversidades bióticas (malezas, plagas y enfermedades), seguidos (con bastante diferencia) por la ecofisiología y el manejo de cultivos. La complejidad del problema de las adversidades bióticas en los cultivos de grano (interacción entre poblaciones de especies distintas pertenecientes a diferentes niveles tróficos en comunidades dinámicas dependientes del ambiente para expresar sus características) probablemente sea causante de la necesidad de información especializada por parte de los productores. Sin embargo, la mayor proporción de las consultas se relacionó al control químico de las adversidades, particularmente de malezas (concordando con Rodríguez et al., 2019). Esto sugiere que estas problemáticas se evidencian para el productor una vez observada la especie problema y el control inmediato surge como la alternativa para evitar una pérdida de rentabilidad, acudiendo a los investigadores como solución transitoria (se podría hacer una analogía con el paciente que acude al médico en búsqueda de la prescripción de un medicamento cuando aparecen los síntomas de una patología que es causada por factores múltiples, relacionados a los hábitos de vida).

Otro de los aspectos a destacar de este capítulo fue la cantidad de información disponible para analizar a través de las consultas por internet de los productores primarios. A diferencia de lo encontrado en el Capítulo 2 respecto a la cantidad de conocimiento producido por cultivo, el promedio de la cantidad de consultas por cultivo del período analizado se correspondió con las diferencias entre cultivos en la cantidad promedio de grano producida en el mismo período a nivel nacional (los porcentajes de consultas y producción de cada cultivo sobre el total de los cuatro cultivos, respectivamente, fueron: trigo, 17,9% y 13%; maíz, 28,1% y 33%; soja, 47,9% y 51%; girasol, 1% y 3%). La representatividad temporal (ocho años) y espacial (diversas provincias de Argentina con predominancia de la región pampeana) y el gran tamaño de la muestra no sólo robustecen la confiabilidad de los resultados, sino que pone en evidencia la utilidad de las plataformas digitales para generar el intercambio oferta-demanda de conocimiento en este sector.

El sector agropecuario presenta la característica de que los actores se encuentran dispersos en el espacio, con los riesgos de aislamiento que ello conlleva. La comunicación a través de las plataformas digitales incorporando los conceptos del *marketing 4.0* puede salvar el aislamiento y acercar la oferta de conocimiento a la demanda. Pese a que sólo el 35% de las empresas agropecuarias tiene actualmente acceso a internet (INDEC, 2019), probablemente los individuos que trabajan en la producción agropecuaria dispongan de conexión particular en sus casas o a través de un dispositivo móvil, ya que en Argentina la relación teléfonos móviles / habitantes es cercana a 1 (Mobile Marketing Association, 2018). Además, los productores pueden obtener información de calidad por parte de los oferentes de conocimiento científico, algo relevante al considerar que sólo 35% de las empresas agropecuarias utilizan actualmente asesoramiento técnico para la toma de decisiones (INDEC, 2019).

A pesar de que la demanda de conocimiento científico y técnico aplicado a la producción primaria por parte de los productores fue caracterizada en este capítulo, se debe mencionar que la caracterización fue parcial si se aplica una mirada sistémica sobre el subsector. Actores de otros niveles pueden demandar la generación de conocimiento en otros temas, incluso actores en eslabones muy cercanos al estudiado en este capítulo. Por ejemplo, una encuesta de 2018 con de la Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola (AACREA) a más de sesenta empresarios (productores primarios) y sus asesores técnicos mostró diferencias en los ejes temáticos de investigación considerados como prioritarios entre ambos grupos de actores. Mientras dentro de los cultivos extensivos los empresarios consideraron a la evaluación de la presencia de residuos de fitosanitarios en el ambiente como prioridad, los asesores mencionaron como prioritario

al estudio de las potencialidades y limitaciones de modelos agrícolas alternativos como la agroecología. Los ejes temáticos mencionados por empresarios y asesores se relacionan con los temas más consultados por los productores puestos en relevancia en este capítulo, pero mientras estos últimos reflejan las demandas técnicas instantáneas y puntuales en las empresas agropecuarias, los primeros parecen poner de manifiesto una mirada más sistémica sobre la manera en que la I&D puede contribuir al progreso del sector.

En definitiva, el sistema económico es una integración de las acciones de todos los actores que lo conforman y el sistema de I&D en el mundo ha intentado imitar esa integración a través de las relaciones entre científicos y los otros actores en un rango de contextos (van Kerkhoff, 2005). Sin embargo, la idea de integración en I&D es muchas veces ambigua y puede tener diferentes dimensiones (entre disciplinas científicas, entre científicos y no científicos, entre actividades, entre organizaciones, entre estructuras institucionales que gobiernan la actividad; van Kerkhoff, 2005), con lo que una adecuada caracterización de la demanda, aunque sea parcial, mejora la comprensión de las necesidades que debe suplir la oferta de conocimiento. Los resultados de este capítulo significan un avance en ese sentido para el subsector en estudio en esta tesis.

Discusión general

6.1. Contexto de la problemática abordada

6.1.1. La invención, la innovación y el cambio tecnológico – claves del desarrollo en la historia humana

La condición natural del ser humano es la escasez. En una enorme proporción de su cronología (un total de cerca de dos millones de años), la vida humana consistió en sobrevivir y dejar descendencia en un contexto hostil, e incluso hasta en la era premoderna más del 95% de las personas vivieron con el equivalente de menos de 2,5 dólares actuales por día (Maddison, 2010). La revolución agrícola (hace aproximadamente diez mil años) trajo aparejados profundos cambios en la naturaleza de la actividad humana (Harari, 2015), pero fue sólo en los últimos siglos y especialmente a partir de la segunda mitad del siglo XX en los que ocurrió un crecimiento exponencial del bienestar material y una reducción de la pobreza en todo el mundo sin precedentes (World Bank, 2018). La cantidad de habitantes del planeta Tierra se incrementó sustancialmente y el PBI mundial aumentó de manera más que proporcional al aumento de los habitantes (Maddison, 2010). Esto quiere decir que la productividad per cápita de la raza humana creció (con la misma cantidad de recursos disponibles se obtuvo más riqueza). En otros términos, la actividad humana no es un juego de suma cero como sí lo es aquel de la mayoría de los otros seres vivos del planeta, que compiten por recursos a partir de mecanismos sostenidos a lo largo de la historia de cada especie. El factor causal de este fenómeno fue y continúa siendo el cambio tecnológico (Mokyr, 2005). La innovación, o la introducción de nuevos métodos técnicos, productos, fuentes de insumos y formas de organización industrial (Schumpeter, 2000) antecede al cambio tecnológico. Asimismo, la innovación se alimenta del descubrimiento de nuevo conocimiento técnico y su aplicación práctica en la industria, mejor conocida como invención (Schumpeter, 2000).

A pesar de que a lo largo de toda la historia humana existieron invención, innovación y cambio tecnológico (con la difusión, por ejemplo, de las herramientas, dentro de las cuales se incluye el arado), el desarrollo del método científico en los tiempos modernos podría considerarse como uno de los elementos clave de la extraordinaria aceleración de la riqueza ocurrida en los últimos siglos, junto con el establecimiento de las instituciones modernas: el derecho, el reconocimiento del individuo, la adopción del dinero y el crédito y el respeto por la propiedad privada (Acemoglu y Robinson, 2012), que permitieron el comercio a gran escala. A diferencia del marco de acción previo en el que la invención, la innovación y el cambio tecnológico ocurrían de manera espontánea, no dirigida, el método científico permitió el establecimiento de la actividad de I&D, el proceso organizado de creación, producción, difusión y aplicación de conocimiento (Wang, 2010). A pesar del mencionado crecimiento de la riqueza acontecido a nivel mundial, no todos los países se desarrollan de igual modo ni con la misma velocidad (Maddison, 2010), y lo mismo sucede con su sistema de I&D. En el pasado se han observado diferencias entre países en el desarrollo del sistema de I&D del sector agropecuario (Semmartin et al., 2012), pero la velocidad de los cambios en la actividad humana moderna obliga a revisar constantemente esas diferencias. El contexto descripto fue aquel a partir del cual se desarrolló esta tesis.

6.1.2. La I&D en el sistema de agronegocios de los cultivos de grano en Argentina

Una de las principales actividades del ser humano es la agricultura, fuente de alimentos y energía a partir de seres vivos domesticados. La agricultura tiene una importancia estratégica en la economía argentina, ya que provee cerca del 10% de los bienes y servicios, emplea un gran número de gente de manera directa e indirecta y es la

principal fuente de divisas. Dentro del conjunto de la actividad agropecuaria, los cultivos de grano (de los que se destacan el trigo, el maíz, la soja y el girasol) tienen mayor importancia debido a su extensión geográfica, valor total, valor por unidad de peso y posicionamiento de la Argentina en el mercado mundial.

El sistema de agronegocios de los cultivos de grano en Argentina está compuesto por una compleja red de interacciones entre componentes: el sector gubernamental que establece las reglas de juego, pasando por la propiedad de la tierra y su alquiler, la producción primaria, la provisión de insumos, maquinaria y mano de obra, los servicios de financiación, asesoramiento técnico, contable y jurídico, aseguramiento, cosecha, el acopio y transporte de los productos primarios, la industrialización y el empaque, hasta llegar al demandante final, el consumidor de alimentos y energía, con todos los procesos involucrados correspondientes al mercadeo, distribución, venta final y aprovechamiento de desperdicios, entre muchas otras actividades. La I&D, proveniente tanto del sector público como del privado, atiende cada uno de esos componentes y es transversal a todos ellos. Tradicionalmente, sin embargo, en los centros de investigación argentinos los trabajos científicos se han orientado hacia el estudio de los procesos físicos involucrados en la producción primaria y la obtención de los productos derivados (secundarios).

Oesterheld et al. (2002) caracterizaron el sistema de I&D agropecuaria en Argentina a fines del siglo XX a partir de la cuantificación de la cantidad y calidad de conocimiento científico producido por diferentes organizaciones. Blake et al. (2003), incorporando información contenida en Oesterheld et al. (2002), profundizaron la caracterización para recomendar una hoja de ruta sostenida en la necesidad de eficientizar los procesos conducentes a la generación de conocimiento agropecuario y la transferencia al medio adaptándose a una demanda de conocimiento que aún no había sido descrita en publicaciones existentes. Además, Blake et al. (2003) manifestaron que la gran extensión geográfica de los sistemas de producción de grano argentinos que generan condiciones heterogéneas y no replicables espacialmente no necesariamente justificaban la existencia de un amplio número de organizaciones de investigación si la producción de conocimiento de calidad no aumentaba de la misma forma. En síntesis, la I&D agropecuaria debería ser el medio a partir del cual se sostuvieran la invención, la innovación y el cambio tecnológico en el sector y, consecuentemente, sucediera un aumento de la productividad.

En base a la problemática planteada, el objetivo general de este trabajo fue *“caracterizar el sistema argentino de investigación científica y tecnológica agropecuaria y describir su relación con el comportamiento de la producción y la productividad de los cultivos de trigo, maíz, soja y girasol”*.

6.2. Aportes al conocimiento

6.2.1. La I&D agropecuaria en el mundo

En el Capítulo 2 se intentó cumplir dos objetivos específicos: *“estudiar la relación entre la cantidad y calidad de artículos científicos publicados y los valores de producción, área cosechada y rendimiento de cada uno de los cuatro cultivos mencionados para los principales productores a nivel mundial”* y *“analizar la relación entre la producción de conocimiento y las tasas de crecimiento de la producción, área cosechada y rendimiento de cada uno de los cuatro cultivos mencionados”*. Sagar et al. (2013) describieron con un alto nivel de profundidad la actividad científica agropecuaria formal a nivel mundial para los primeros años del siglo XXI. Además, Semmartin et al. (2012) relacionaron la producción de conocimiento con la de grano y con el gasto público en I&D de los países a nivel general. En esta tesis se profundizó la caracterización a partir de datos específicos de

gasto en I&D agropecuaria y de publicaciones científicas provenientes de varias bases de datos, concentrándose en los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol. Además, la descripción dinámica (tasas de crecimiento relativas) de las producciones de grano y de conocimiento significan un aporte original en la materia. Se evidenciaron interesantes comportamientos, haciendo foco en la posición de Argentina. Los resultados más importantes mostraron que el crecimiento de China (en cantidad de publicaciones, aún relegado en calidad) y el sostenimiento del liderazgo de Estados Unidos (en cantidad y calidad) se asociaron con su alto nivel de gasto en I&D agropecuaria. Asimismo, los países europeos sostuvieron altos niveles de calidad y una cantidad media-alta. Países similares a Argentina en cuanto a su producción de grano mostraron generalmente niveles inferiores de cantidad y calidad de publicaciones científicas.

Además, se observó que los países de mayor tasa de crecimiento relativa de la producción de granos y de la productividad del factor tierra fueron aquellos con comparativamente menor producción de conocimiento, sobre todo impulsados por un aumento del área cosechada. Dados los resultados observados en las tasas de crecimiento de las publicaciones científicas es esperable que China comparta en breve el liderazgo mundial en la producción de conocimiento con Estados Unidos, lo que es interesante para aquellos países en búsqueda de socios estratégicos en investigación. Para Argentina, particularmente, se encontraron similares resultados a los de Semmartin et al. (2012) respecto a la falta de correspondencia entre la elevada producción relativa de grano y reducida de conocimiento en soja, el cultivo más importante del país en términos económicos (Senesi et al., 2016). El crecimiento relativo observado en la producción de conocimiento en los otros cultivos respecto a lo encontrado en el trabajo de Semmartin et al. (2012) podría considerarse como un aspecto positivo dentro del análisis a nivel de nuestro país.

6.2.3. La descripción de la oferta y la demanda de I&D agropecuaria en Argentina

En los Capítulos 3, 4 y 5 se intentó caracterizar el sistema argentino de I&D agropecuaria a través de la descripción de la oferta y la demanda de conocimiento científico formal para trigo, maíz, soja y girasol.

El objetivo del Capítulo 3 fue “*describir la oferta del sistema argentino de I&D agropecuaria desde las organizaciones que lo componen*”. En primer lugar, se observó que los países con los que más colaboraron los investigadores argentinos en ciencias agropecuarias fueron Estados Unidos, España, Brasil y un grupo de países europeos incluyendo Francia, Reino Unido y Alemania. Estos resultados son prácticamente idénticos a lo reportado para el conjunto de las áreas temáticas en la que trabajan los investigadores del CONICET (CONICET, 2019). Se sugiere que la colaboración internacional responde a las mismas causas en el sistema de investigación en su conjunto, probablemente impulsado por afinidades culturales, y que no hay cambios estratégicos importantes que podrían ser generados a partir de particulares de las ciencias agropecuarias. Por otro lado, los resultados de la discriminación de la producción de conocimiento a nivel organizacional actualizaron lo encontrado por Oesterheld et al. (2002) y mostraron diferencias respecto a lo encontrado en ese trabajo. Se dejó en evidencia que muchas organizaciones produjeron conocimiento científico de calidad, pero que unas pocas concentraron la mayor parte de la producción de conocimiento. Además, se mantuvo el liderazgo de las universidades nacionales, pero con menor producción porcentual de la UBA. El CONICET aumentó su participación de manera importante, principalmente asociado en las publicaciones a las universidades nacionales.

El objetivo del Capítulo 4 fue “*describir la oferta del sistema argentino de I&D agropecuaria desde las disciplinas y los temas estudiados*”. Este capítulo complementó lo

encontrado en el Capítulo 3 para completar la descripción de la oferta de conocimiento científico agropecuario argentino. Respecto a las disciplinas, dentro de las Ciencias Agropecuarias, la Ciencia de los Cultivos fue una disciplina importante, pero no la más importante en términos de cantidad de publicaciones, tanto en Argentina como en el mundo. Además, en referencia a los temas estudiados en los cuatro cultivos de interés de la tesis, los mapas de términos y la agrupación en *clusters* permitieron una descripción profunda y observar, en general, cuatro grandes grupos temáticos de estudio: el suelo y las rotaciones, el rendimiento de los cultivos, los patógenos y la calidad de los subproductos. La oferta de temas cambió en los últimos veinte años en Argentina, siguiendo a grandes rasgos las transformaciones más importantes ocurridas en el sistema de producción. Consecuentemente, se completó la primera descripción temática profunda de la I&D en estos cuatro cultivos en Argentina.

El objetivo del Capítulo 5 fue “*describir la demanda de conocimiento científico de los actores primarios de la producción agropecuaria en Argentina*”. Aquí se completó el trabajo a través de la descripción parcial del elemento del sistema de I&D que restaba abordar, la demanda. Los elementos más destacados fueron: (i) la gran disponibilidad de datos fruto de la interacción entre productores/asesores y expertos vía un medio digital y (ii) la predominancia abrumadora de las consultas respecto al control y al manejo de adversidades bióticas, con el manejo y la ecofisiología de cultivos definitivamente rezagados. En vista de lo encontrado en el Capítulo 4, la alineación de oferta y demanda de conocimiento científico (al menos para la demanda caracterizada en este capítulo) no parece ser óptima. Desde un punto de vista microeconómico, la oferta debería adaptarse a los requerimientos de la demanda, por lo que se podría sugerir mayores esfuerzos en la generación de conocimiento respecto a las interacciones cultivo-adversidad y el manejo integrado de adversidades. Por otro lado, podría suponerse que la actividad de I&D agropecuaria del sector privado en Argentina es la que se encuentra actualmente supliendo esa demanda a través del conocimiento aplicado a tecnologías.

6.3. Limitaciones del análisis realizado

6.3.1. Sobre la unidad de medida de la producción de conocimiento

Esta tesis usó en los Capítulos 2, 3 y 4 las publicaciones científicas incluidas en bases de datos altamente difundidas a nivel mundial como la unidad de medida de la producción de conocimiento de los sistemas de I&D agropecuaria de Argentina y del mundo. La publicación de artículos científicos en revistas que incluyen revisión de pares es la institución prevaleciente en la actualidad a nivel mundial dado el elevado aseguramiento de la transparencia, rigurosidad y las ventajas a nivel de difusión, a pesar de algunas falencias reconocidas en el sistema (Daniel, 2005). Además, se ha observado una posterior traducción de la investigación científica de base en invención, innovación y cambio tecnológico en diversas industrias (Tornquist y Hoenack, 1996) y una alta correlación entre índices de difusión de economías del conocimiento y la cantidad de artículos científicos publicados por un país (Nguyen y Pham, 2011). Sin embargo, no puede ignorarse que la unidad de medida utilizada tiene sus limitaciones y probablemente la difusión de conocimiento a través de revistas técnicas (sin revisión de pares), la interacción directa entre actores y la venta de productos y servicios con el precio de los bienes como medio de comunicación e intermediación entre actores también juegan un papel importante en la adaptación y difusión de conocimiento que no han sido abordados en esta tesis.

6.3.2. Sobre la unidad de medida de la productividad de los factores de producción

Como elemento clave de la competitividad de un sistema, la productividad describe qué cantidad de producto se obtiene a partir de una determinada cantidad de factores de producción. En el Capítulo 2 de esta tesis se midió la productividad del sistema de I&D agropecuaria de diferentes países en términos de publicaciones totales (en base a CAB Abstracts) en función de la cantidad de dinero público gastado en I&D agropecuaria. Además, se trató de relacionar la investigación científica formal en el sector con la productividad de grano (física) del factor tierra. A pesar de ser un aporte original, una medida completa de la productividad debería considerar todos los factores de la producción, tal como lo hicieron Lema y Hermo (2019), ya que la I&D (con su consecuente impacto en la invención, la innovación y el cambio tecnológico) puede influir en la mejora de la productividad de cualquiera de los factores de la producción.

6.3.3. Sobre el aporte del sector privado no reflejado en las publicaciones científicas

En el Capítulo 3 de esta tesis se encontró que el sector privado tuvo una participación muy minoritaria en la producción de conocimiento agropecuario en Argentina, medido a través de las publicaciones científicas de alta calidad. Sin embargo, como se hizo referencia en el punto 6.3.1, las publicaciones científicas son sólo una descripción parcial de la I&D que luego se refleja en el cambio tecnológico. El aporte del sector privado definitivamente ha sido importante en Argentina, ya sea a través de la financiación directa (por medio de insumos, tierra, maquinaria o dinero) de investigaciones que derivaron en publicaciones científicas pero en cuyos autores no figuran organizaciones del sector privado (sí lo hacen, en muchos casos, en la sección de agradecimientos de los artículos), como también directamente a través de tecnologías incorporadas en la maquinaria (sembradoras de siembra directa con piloto automático y georreferenciadas o cosechadoras), los productos fitosanitarios, el asesoramiento técnico o la semilla (semillas modificadas genéticamente o mejoradas por mejoramiento tradicional). Por ejemplo, UBATEC (2017) estimó que el 95% de la inversión en I&D para el mejoramiento genético de semillas de especies cultivadas autóгамas y alógamas en Argentina proviene del sector privado, en el cual además se emplean la mayor cantidad de recursos humanos altamente calificados en ciencia (ingenieros, magísteres y doctores). Según Pardey et al. (2016), la inversión en I&D agropecuaria del sector privado aumentó sustancialmente las últimas décadas, hasta incluso superar en los últimos años a la del sector público en los países de altos ingresos, cuando la tendencia histórica era la de mayor participación del sector público.

Otro aspecto que no fue caracterizado en esta tesis es la interacción público-privada como posible vía de enriquecimiento del conocimiento científico formal. Muchos casos de interacción de esta índole pueden ser rápidamente mencionados, tales como los congresos de asociaciones de productores (AACREA, AAPRESID, etc.) en los que participan actores del sector público y privado, así como los convenios entre universidades, el INTA o el CONICET y empresas de insumos, las jornadas o cursos de capacitación de las universidades en los que participan actores privados o la movilidad de recursos humanos altamente capacitados entre organizaciones públicas y privadas (y viceversa). En la UBA, por ejemplo, se pueden encontrar ejemplos de generación de conocimiento científico a través de la comunicación interorganizacional en el observatorio forrajero desarrollado en conjunto por el Laboratorio de Análisis Regional y Teledetección (UBA), AACREA, el INTA y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca o el Grupo de Estudio y Trabajo Red de Ultra Baja Densidad de Maíz del que participan diversas cátedras de la UBA, otras universidades de Argentina y del exterior, investigadores del CONICET, unidades

experimentales del INTA, asesores técnicos independientes, productores agropecuarios y empresas de insumos. Una descripción completa del sistema debería tener en cuenta lo mencionado en este apartado.

6.3.4. Sobre la falta de comparación de la eficiencia en el uso del dinero público para la producción de conocimiento entre organizaciones

En el Capítulo 3 de esta tesis se caracterizó la producción de conocimiento científico a nivel organizacional y se encontró que diferentes organizaciones del sector público fueron los mayores generadores de publicaciones científicas. Se encontraron diferencias cuantitativas importantes entre organizaciones. Sin embargo, no se midió la eficiencia en el uso del dinero proveniente de los contribuyentes para la producción de conocimiento en las diferentes organizaciones. Oesterheld et al. (2002) estimaron esa eficiencia a partir de los equivalentes de dedicación a tiempo completo que destinaban las organizaciones a la investigación, pero ese abordaje tiene importantes limitaciones dada la cantidad de supuestos que se debe asumir. Una comparación completa con fines de efficientizar el sistema argentino de I&D agropecuaria (como sugirieron Blake et al. (2003)) debería llegar hasta la evaluación de la eficiencia en la que cada organización usa el dinero disponible y, luego, estudiar los mecanismos de incentivos y controles existentes para re-organizar aquellos puntos en los que suceden las ineficiencias.

6.3.5. Sobre la limitada caracterización de la demanda

Debe mencionarse que la caracterización de la demanda de conocimiento científico del sector agropecuario argentino realizada en el Capítulo 5 de esta tesis tiene algunas limitaciones. En primer lugar, se puede esperar que la metodología utilizada sólo haya abordado las demandas de los productores primarios y sus asesores técnicos. Los otros componentes del sistema de producción de granos argentino no comunican sus necesidades a través de la plataforma utilizada aquí para medir la demanda. Además, pese a la gran cantidad de datos analizada, probablemente otros actores de la producción primaria tampoco han registrado sus demandas en la plataforma que se usó para relevar los datos. Por lo tanto, a pesar del abordaje original que se utilizó y el mapeo temático generado, la demanda de conocimiento científico agropecuario en Argentina en su conjunto es probablemente más compleja y diversificada de lo reflejado en este trabajo.

6.3.6. Sobre la falta de información respecto al conocimiento de la demanda para la toma de decisiones de los oferentes

Más allá de la manera de medir la demanda, la descripción completa del sistema argentino de I&D agropecuaria requeriría conocer la naturaleza del intercambio demanda-oferta en su totalidad. Aquí se analizó el intercambio a través de las consultas de productores a investigadores, lo que constituye un puente concreto entre las dos partes del mercado. No obstante, una caracterización de cómo los oferentes del sistema argentino de I&D agropecuaria conocen las necesidades de la demanda terminaría de definir si realmente oferta y demanda se encuentran alineadas (generando la optimización en el uso de los recursos asignados) o no. El canal a través del que se caracterizó la demanda en el Capítulo 5 puede haber sido sólo uno de los medios de comunicación oferta-demanda, por lo que los otros canales deberían ser también puestos en manifiesto. Encuestas y entrevistas en profundidad con referentes de la oferta y la demanda podrían ofrecer un análisis no cuantitativo pero esclarecedor de la comunicación entre las partes.

6.4. Futuras líneas de investigación

Las líneas de investigación futuras que se puede suponer expandirían y/o complementarían los resultados de esta tesis tienen relación directa tanto con los aportes al conocimiento como con las limitaciones del análisis realizado. Consecuentemente, las líneas propuestas son:

- i) Actualización anual de los resultados encontrados sobre la oferta de conocimiento a nivel mundial y a nivel país.
- ii) Comparación de la evolución de la producción de conocimiento y la productividad de los factores de producción en su conjunto.
- iii) Estimación de los aportes del sector privado en términos de I&D agropecuaria y su interacción con el sector público.
- iv) Comparación de la eficiencia en el uso del dinero fiscal por parte de las diferentes organizaciones públicas de I&D agropecuaria en Argentina y caracterización de su ambiente micro-institucional (mecanismos de incentivos y controles).
- v) Caracterización de la valoración por parte de los actores de la producción y provisión de insumos del conocimiento generado por las diferentes organizaciones de I&D agropecuaria en Argentina.
- vi) Conocimiento del grado en el que los actores encargados de la oferta de conocimiento científico agropecuario en Argentina conocen los requerimientos de la demanda.
- vii) Caracterización la demanda de conocimiento de otros actores del sistema de agronegocios de cultivos de grano en Argentina.

Bibliografía

- Acemoglu, D., Robinson, J.A., 2012. Why nations fail: the origins of power, prosperity and poverty. 1^{era} edición. Nueva York: Crown, 529 pp.
- Albarrán, P., Crespo, J.A., Ortuño, I., Ruiz-Castillo, J., 2010. A comparison of the scientific performance of the US and the European union at the turn of the 21st century. *Scientometrics*, 85: 329-344.
- Arunachalam, S., Doss, M.J., 2000. Mapping international collaboration in science in Asia through coauthorship analysis. *Current Science*, 79: 621-628.
- Baeza, S., Puelo, J.M., 2020. Land use / Land cover change (2000-2014) in the Rio de la Plata grasslands: an analysis based on MODIS NDVI time series. *Remote Sensing*, 12: 381.
- Beale, C.M., 2018. Trends and themes in African ornithology. *Ostrich*, 89: 99-108.
- Bell, D., 1973. The coming of post-industrial society: a venture in social forecasting. New York: Basic Books.
- Benavidez-Velasco, C.A., Quintana-García, C., Guzmán-Parra, V.F., 2013. Trends in family business research. *Small Business Economics*, 40: 41-57.
- Benech-Arnold, R., Semmartin, M., Oesterheld, M., 2012. Seed science in the 21st century: its role in emerging economies. *Seed Science Research*, 22: S3-S8.
- Berman, E.M., 1990. The economic impact of industry-funded university R&D. *Research Policy*, 19: 349-355.
- Blake, R., Fereres, E., Henzell, T., Powell, W., 2002. Las ciencias agropecuarias en la Argentina. *Ciencia Hoy*, 12: 31-51.
- Bockus, W.W., Shroyer, J.P., 1998. The impact of reduced tillage on soilborne plant pathogens. *Annual Review of Phytopathology*, 36: 485-500.
- Borrás, L., Slafer, G., 2008. Agronomy and plant breeding are key to combating food crisis. *Nature*, 453: 1177.
- Coccia, M., 2009. What is the optimal rate of R&D investment to maximize productivity growth? *Technological forecasting and social change*, 76: 433-446.
- Comtrade, 2019. 2018 UN international trade statistics yearbook. Department of Economic and Social Affairs, Statistics Division. United Nations. New York.
- CONICET, 2019. Avance e indicadores de impacto de la producción científico tecnológica. Boletín N° 2, noviembre 2019. Repositorio institucional, CONICET Digital.
- Costa Ribeiro, L., Siqueira Rapini, M., Alves Silva, L., Motta Albuquerque, E., 2018. Growth patterns of the network of international collaboration in science. *Scientometrics*, 114: 159-179.
- Daft, R.L., 2010. Organization theory and design. 10th Edition, South-Western Cengage Learning, Mason, USA.
- Daniel, H.-D., 2005. Publications as a measure of scientific advancement and of scientists' productivity. *Learned Publishing*, 18: 143-148.
- David, P.A., Hall, B.H., Toole, A.A., 2000. Is public R&D a complement or substitute for private R&D? A review of the econometric evidence. *Research Policy*, 29: 497-529.
- Delgado, C., Correa, Z., Conde, Y.A., 2013. El efecto spillover: impacto social de la investigación y desarrollo universitario. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, Ed. Especial 2: 101-111.
- Demeritt, D., 2002. The new social contract for science: accountability, relevance, and value in the US and UK science and research policy. *Antipode*, 32: 308-329.
- Demsetz, H., 1967. Toward a theory of property rights. *The American Economic Review*, 57: 347-359.
- Denner, A., 1971. Principes et pratique du marketing. Paris, Éditions J. Delmas et Cie, 1971.
- Dow Jones, 2010. www.dowjones.com

- Drucker, P., 1969. *The Age of Discontinuity*. New York: Harper & Row.
- Duvick, D.N., 1992. Genetic contributions to advances in yield of U.S. maize. *Maydica* 37: 69-79.
- Fischer, R.A., Connor, D.J., 2018. Issues for cropping and agricultural science in the next 20 years. *Field Crops Research*, 222: 21-142.
- Fisher, R.A., 1921. Some remarks on the methods formulated in a recent article on “The quantitative analysis of plant growth.”. *Annals of Applied Biology*, 7: 367-372.
- Fuciu, M., Dumitrescu, L., 2018. From marketing 1.0 to marketing 4.0 – the evolution of the marketing concept in the context of the 21st century. Proceedings of the XXIV International conference of the knowledge-based organization. “Nicolae Balcescu” Land Forces Academy. Sibiu, Rumania.
- Ghodake, R.D., 2001. Research priorities for the agriculture, forestry and fisheries sectors in the pacific sub-region: a synthesis. Revised version of the Synthesis Paper Presented at the Sixth Executive Committee Meeting of APAARI and Expert Consultation on ARD Priority Setting, 12-14 November 2001, Bangkok, Thailand.
- Greer, A.W., Corner-Thomas, R.A., Logan, C.M., Kenyon, P.R., Morris, S.T., Ridler, A.L., Hickson, R.E., Blair, H.T., 2015. Perceived importance of areas of future research: Results from a survey of sheep farmers. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 58: 359-370.
- Guellec, D., Van Pottelsberghe De La Potterie, B., 2003. The impact of public R&D expenditure on business R&D. *Economics of Innovation and New Technology*, 12: 225-243.
- Guerrero Bote, V.P., Olmeda-Gómez, C., de Moya-Anegón, F., 2012. Quantifying the benefits of international scientific collaboration. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 64: 392-404.
- Harari, Y.N., 2015. *Sapiens: a brief history of humankind*. 1era edición. Nueva York: Harper, 464 pp.
- Hollinger, S.E., 1994. Future direction and needs in agricultural meteorology/climatology and modeling. *Agricultural and Forest Meteorology*, 69: 1-7.
- Ibrahim, M., 2012. Technological change and economic transformation. En: *Technological Change*, Aurora A.C. Teixeira (ed.), IntechOpen. DOI: 10.5772/47985.
- INDEC, 2019. *Censo Nacional Agropecuario 2018: resultados preliminares (1° ed.)*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.
- ISI, 2016. <http://ip-science.thomsonreuters.com>
- Kamdem, J.P., Duarte, A.E., Lima, K.R.R., Rocha, J.B.T., Hassan, W., Barros, L.M., Roeder, T., Tsopmo, A., 2019. Research trends in food chemistry: A bibliometric review of its 40 years anniversary (1976-2016). *Food Chemistry*, 294: 448-457.
- Karantininis, K., Zylbersztajn, D., 2007. The Global Farmer: Typology, Institutions and Organization. *Journal on Chain and Network Science*, 7: 71-83.
- King, D.A., 2004. The scientific impact of nations. *Nature*, 430: 311-316.
- Kotler, P., Kartajaya, H., Setiawan, I., 2017. *Marketing 4.0 – moving from traditional to digital*. John Wiley and Sons. Hoboken, New Jersey.
- Lee, E.A., Tollenaar, M., 2007. Physiological basis of successful breeding strategies for maize grain yield. *Crop Science*, 47: S202-2215.
- Lema, D., Hermo, S., 2019. Impacto económico de la investigación agropecuaria en Argentina. El caso del INTA. Documento de trabajo del Centro de Economía y Prospectiva, INTA. No. 1/2019.
- Leydesdorff, L., Wagner, C.S., 2008. International collaboration in science and the formation of a core group. *Journal of Informetrics*, 2: 317-325.

- Li, W., Zhao, Y., 2015. Bibliometric analysis of global environmental assessment research in a 20-year period. *Environmental Impact Assessment Review*, 50: 158-166.
- Liñán, F., Fayolle, A., 2015. A systematic literature review on entrepreneurial intentions: citation, thematic analyses, and research agenda. *International Entrepreneurship and Management Journal*, 11: 907-933.
- Lubowski, R.N., Bucholtz, S., Claassen, R., Roberts, M., Cooper, J., Gueorguieva, A., Johansson, R., 2006. *Environmental Effects of Agricultural Land-Use Change: The Role of Economics and Policy*. United States Department of Agriculture, Economic Research Report No. (ERR-25). 82 pp.
- Luchilo, L., 2011. *Más allá de la fuga de cerebros: movilidad, migración y diásporas de argentinos calificados*. Ciudad de Buenos Aires: Eudeba.
- Maddison, A., 2010. *Statistics on World Population, GDP, and Per Capita GDP 1-2008 AD*. Groningen, Netherlands: Groningen Growth and Development Centre, University of Groningen.
- Malinauskaite, L., Cook, D., Davíðsdóttir, B., Ögmundardóttir, H., Roman, J., 2019. Ecosystem services in the Arctic: a thematic review. *Ecosystem Services*, 36: 100898.
- Martin, F., 1998. The economic impact of Canadian university R&D. *Research Policy*, 27: 677-687.
- May, R.M., 1997. The Scientific Wealth of Nations. *Science*, 275: 793-796.
- McCallen, E., Knott, J., Nunez-Mir, G., Taylor, B., Jo, I., Fei, S., 2019. Trends in ecology: shifts in ecological research themes over the past four decades. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17: 109-116.
- McNie, E.C., 2007. Reconciling the supply of scientific information with user demands: an analysis of the problem and review of the literature. *Environmental Science & Policy*, 10: 17-38.
- Ménard, C. 1995. Markets as Institutions versus Organizations as Markets: Disentangling Some Fundamental Concepts. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 28: 161- 182.
- Merigó, J.M., Yang, J.B., 2017. A bibliometric analysis of operations research and management science. *Omega*, 73: 37-48.
- Miller, J.C., Coble, K.H., Lusk, J.L., 2013. Evaluating top faculty researchers and the incentives that motivate them. *Scientometrics*, 97: 519-533.
- Mitchel, Z., Bassecouard, E., Yoshiko, O., 2004. Shadows of the past in international cooperation: collaboration profiles of the top five producers of science. *Scientometrics*, 47: 627-657.
- Mobile Marketing Association, 2018. *MMA Mobile Regional Insights*, Junio 2018.
- Mokyr, J., 2005. Long-term economic growth and the history of technology. En: *Handbook of Economic Growth*, 1 (Supplementary Part B), 1113-1180.
- Nair, P.K.R., Allen, S.C., Bannister, M.E., 2005. Agroforestry today: An analysis of the 750 presentations to the 1st World Congress of Agroforestry, 2004. *Journal of Forestry*, 103: 417-421.
- Nguyen, T.V., Pham, L.T., 2011. Scientific output and its relationship to knowledge economy: an analysis of ASEAN countries. *Scientometrics*, 89: 107-117.
- Nielsen, D.R., 1987. Emerging frontiers in soil science. *Geoderma*, 40: 267-273.
- North, D., 1990. *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge University Press. Cambridge.
- North, D., 1991. Institutions. *Journal of Economic Perspectives*, 5: 97-112.

- OECD, 2015. Frascati Manual 2015: guidelines for collecting and reporting data on research and experimental development. The measurement of scientific, technological and innovation activities. OECD Publishing, Paris.
- Oosterheld, M., 2013. El valor de tener muchas citas. Un comentario. *Ecología Austral*, 23: 70-73.
- Oosterheld, M., Semmartin, M., Hall, A., 2002. Análisis bibliográfico de la investigación agronómica en la Argentina. *Ciencia Hoy*, 70: 52-62.
- Otegui, M.E., Borrás, L., Maddonni, G.A., 2014. Crop phenotyping for physiological breeding in grain crops: A case study for maize. En: *Crop Physiology: Applications for Genetic Improvement and Agronomy* (2nd edition). Sadras, V.O. y Calderini, D. (eds.). Academic Press, MA, USA.
- Pardey, P.G., Chan-Kang, C., Beddow, J.M., Dehmer, S.P., 2016. Shifting ground: food and agricultural R&D spending worldwide, 1960-2011. InSTePP Working Papers 302410, University of Minnesota, International Science and Technology Practice and Policy.
- Peiretti, R., Dumanski, J., 2014. The transformation of agriculture in Argentina through soil conservation. *International Soil and Water Conservation Research*, 2: 14-20.
- Porter, M.E., 1990. *The Competitive Advantage of Nations*. New York: Free Press, 1990.
- Regúnaga, M., Tejada Rodríguez, A., 2015. *La política de comercio agrícola de Argentina y el desarrollo sustentable*. Centro Internacional para el Comercio y el Desarrollo Sostenible. Ginebra, 2015.
- Rodríguez, S., Kruk, B.C., Satorre, E.H., 2019. Percepción de los agricultores de la región pampeana sobre las adversidades bióticas de los cultivos de grano. *Agronomía y Ambiente*, 39: 16-25.
- Rogel, R.M.N., Mercado Salgado, P., 2011. El efecto del gasto en educación superior e investigación sobre los índices de competitividad y desarrollo humano en países de la OCDE y otras economías destacadas. *Revista del centro de Investigación de la Universidad La Salle*, 9: 99-112.
- Sagar, A., Kademani, B.S., Bhanumurthy, K., 2013. Research trends in agricultural science: A global perspective. *Journal of Scientometric Research*, 2: 185-201.
- SAGyP., 1994. Norma de comercialización de maíz. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Pesca, Argentina. 1075/94, Norma XII, Maíz.
- Sarewitz, D., Pielke Jr., R.A., 2007. The neglected heart of science policy: reconciling supply of and demand for science. *Environmental Science & Policy*, 10: 5-16.
- Satorre, E., 2009. Prólogo. En: *Siembra directa*. Suárez, M. y Marín Moreno, C. (eds.). Asociación Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agropecuaria (AACREA). Buenos Aires, 2009.
- Schmoch, U., Schubert, T., 2008. Are international co-publications an indicator for quality of scientific research? *Scientometrics*, 74: 361-377.
- Schumpeter, J.A., 2000. Entrepreneurship as innovation. *Entrepreneurship: The Social Science View*, 2000: 51-75
- SCImago, 2019. SJR — SCImago Journal & Country Rank [Portal]. Obtenido el 12 de junio de 2019 de <http://www.scimagojr.com>
- Scopus, 2019. Elsevier. www.scopus.com
- Schubert, A., Glänzel, W., 2006. Cross-national preference in co-authorship, references and citations. *Scientometrics*, 69: 409-428.
- Semmartin, M., Bollani, M.V., Oosterheld, M., Benech-Arnold, R., 2012. Las ciencias agropecuarias como herramienta de crecimiento económico: un análisis basado en cuatro cultivos extensivos. *Interciencia*, 37: 457-463.

- Senesi, S.I., Dulce, E.G., Daziano, M.F., Ordóñez, I. y Mogni, L.E., 2016. La soja en Argentina: un sistema de agronegocios clave y competitivo. Buenos Aires: Bayer, 2016.
- UBATEC, 2017. Estudio del sistema de agronegocios de semillas argentino: una visión sistémica desde la investigación y el conocimiento. Convenio UBATEC S.A. – ASA.
- Slafer, G., 1994. Genetic improvement of field crops. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Small, H., 2006. Tracking and predicting growth areas in science. *Scientometrics*, 68: 595-610.
- Smith, A., 1776. An inquiry into the nature and causes of the wealth of nations (1 ed.). London: W. Strahan (ed.).
- Spiertz, H., 2014. Agricultural sciences in transition from 1800 to 2020: Exploring knowledge and creating impact. *European Journal of Agronomy*, 59: 96-106.
- Steiner, J.L., Hatfield, J.L., 2008. Winds of change: A century of agroclimate research. *Agronomy Journal*, 100: S132-S152.
- Sujin, C., 2011. Core-periphery, new clusters, or rising stars?: international scientific collaboration among “advanced” countries in the era of globalization. *Scientometrics*, 90: 25-41.
- Tornquist, K.M., Hoenack, S.A., 1996. Firm utilization of university scientific research. *Research in Higher Education*, 37: 509-534.
- van Eck, N.J., Waltman, L., 2007. VOS: a new method for visualizing similarities between objects. In H.-J. Lenz, & R. Decker (Eds.), *Advances in Data Analysis: Proceedings of the 30th Annual Conference of the German Classification Society* (pp. 299-306). Springer.
- van Eck, N.J., Waltman, L., 2010. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84: 523-538.
- van Eck, N.J., Waltman, L., 2011. Text mining and visualization using VOSviewer. *ISSI Newsletter*, 7: 50-54.
- Van Kerkhoff, L., 2005. Integrated research: concepts of connection in environmental science and policy. *Environmental Science & Policy*, 8: 452-463.
- Von Mises, L., 1949. *La Acción Humana*. Unión Editorial, Madrid, 3º Edición (1980).
- Waltman, L., van Eck, N.J., Noyons, E.C.M., 2010. A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks. *Journal of Informetrics*, 4: 629-635.
- Wang, E.C., 2010. Determinants of R&D investment: The Extreme-Bounds-Analysis approach applied to 26 OECD countries. *Research Policy*, 39: 103-116.
- Williamson, O., 1984. The incentive limits of firms: a comparative institutional assessment of bureaucracy. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 120: 736-763.
- Williamson, O., 2000. The New Institutional Economics: Taking Stock, Looking Ahead. *Journal of Economic Literature*, 38: 595-613.
- World Bank, 2018. La pobreza y la prosperidad compartida 2018: Armando el rompecabezas de la pobreza. Washington, D.C.: World Bank.
- World Bank Group, 2019. Data from the World Bank. Recuperado de https://data.worldbank.org/indicator/ny.gdp.mktp.cd?most_recent_value_desc=true e el 4 de junio de 2019.
- Yang, M., Tate, M., 2012. A descriptive literature review and classification of cloud computing research. *Communications of the Association for Information Systems*, 31: 35-60.
- Zachariadis, M., 2004. R&D-induced Growth in the OECD? *Review of Development Economics*, 8: 423-439.

Anexos

Anexo I

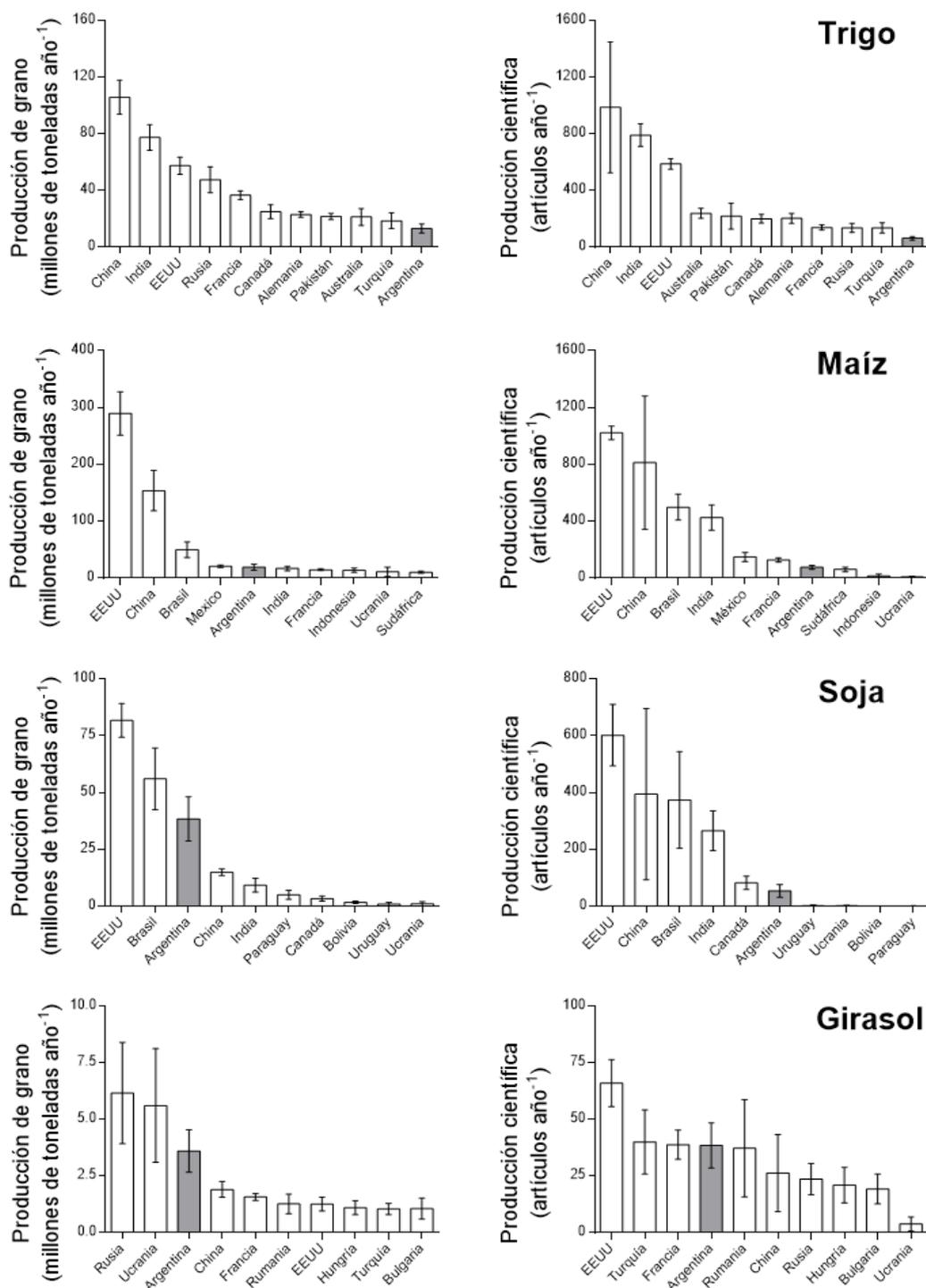


Figura A1.1 Producción de grano y producción científica media anual de los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2013. Las barras verticales indican el error estándar.

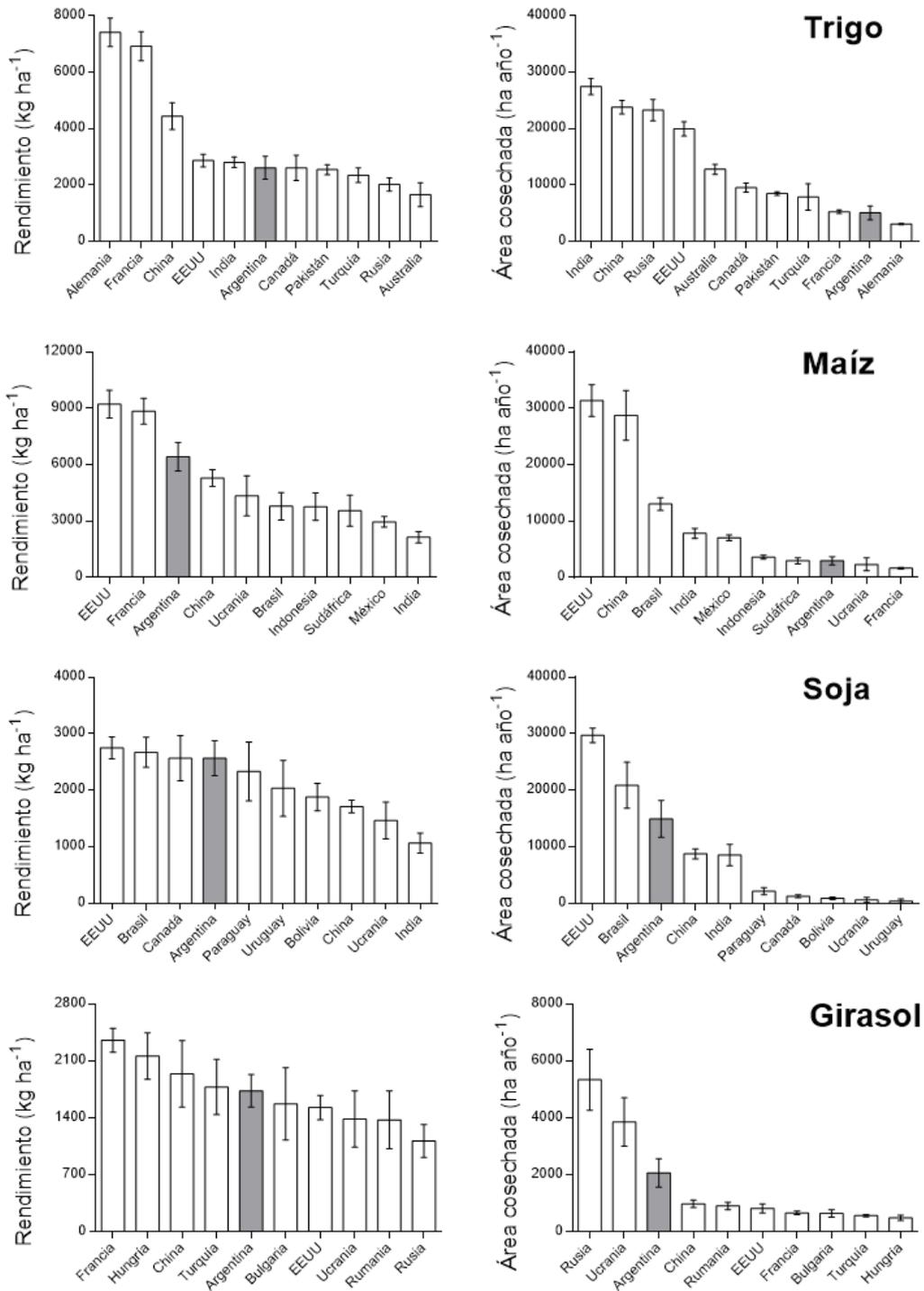


Figura A1.2. Rendimiento medio y área cosechada anuales en los principales países productores de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2013. Las barras verticales indican el error estándar.

Anexo II

Tabla A2.1. Palabras del título, resumen o palabras clave de las publicaciones de autores argentinos de trigo, maíz, soja y girasol entre 2000 y 2018 que fueron eliminadas para realizar el análisis mediante VOSviewer.

Trigo	Maíz	Soja	Girasol
acetyldeoxynivalenol	agreement	action	abundance
addition	assay	activity	addition
additive	chapter	age	alternative
adoption	character	aggregate	amount
antagonist	characterization	agriculture	appearance
assay	conclusion	american chemical society	area
assumption	context	asociacion argentina de la ciencia	chapter
audpc	controlled condition	assay	color
behaviour	count	behavior	crop
cause	delong & wolcott	better understanding	detection
characteristic	effectiveness	binding	distribution
characterization	efficacy	blackwell publishing ltd	dose
chemical	existence	case study	emulsion
collection	exposure	catalyst	esterification
color	expression	color	existence
contrary	field experiment	conclusion	experimental data
controlled condition	first report	contrary	extraction
current study	first time	control diet	family
decade	framework	control group	farmer
detection	g kg	conversion	field condition
differential scanning calorimetry	half	crop science society	field experiment
duration	hectare	decade	film
effectiveness	high level	distance	finding
electrophoresis	high variability	elsevier inc	first report
existence	higher level	elsevier ltd	form
farmer	higher yield	elsevier science ltd	formation
first report	i e	emulsion	formulation
first time	identification	estimate	frequency
fold	iii	expense	generation
formation	implementation	experimental data	higher level
fraction	implication	fame	identification
g kg	indicator	field experiment	incidence
gel	individual	film	individual
hectare	isolate	first report	induction
high content	kg n ha	first time	influence
high level	latter	future	inhibition
high proportion	maize sample	g kg	introduction
higher number	mal	g l	location
higher value	medium	g ml	matrix

highest value	member	greenhouse experiment	member
human	merr	half	microstructure
identification	mg kg	hectare	min
implication	mode	high concentration	mixture
incorporation	negative effect	higher yield	modification
increment	occurrence	highest level	peroxide value
isolate	person	important role	phase
isolation	plot	induction	place
kda	positive effect	kgaa	plant
kg ha	presence	madison	plot
last decade	present work	map	population
main plot	previous study	material	position
matrix	processing	mg kg	program
member	program	min	property
merr	progress	modification	raw material
mg kg	replicate	plant	reaction
microstructure	replication	presence	salt
min	sample	predominance	sample
modification	sampling	pretreatment	season
moment	significance	previous study	selectivity
natural condition	significant effect	processing	sequence
occurrence	significant reduction	question	set
onset	soc	replication	solution
optimization	survey	scenario	solvent
origin	survival	sds page	stability
person	synthesis	separation	texture
population	total	significance	timing
pre	uncertainty	similarity	tissue
prevalence	variance	soc	total
previous study		sod	useful tool
principal component analysis		spite	variability
producer		springer nature	view
regard		springer sciencebusiness media	
regression		springer verlag	
replacement		study area	
replication		support	
report		survey	
salt		timing	
sample		uncertainty	
sds page		week	
set		wiley periodical	
significant change		wiley vch verlag gmbh & co	
significant interaction		year	
similarity			
soc			
soil sample			

specific volume
stability
subplot
substrate
suitability
survey
tissue
transition
unit area
vitro
yeast

Tabla A2.2. Agrupación en *clusters* de los temas en las publicaciones de investigadores argentinos en maíz entre 2000 y 2018 en trigo. Los datos fueron obtenidos de Scopus.

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
adaptation	aggregate	acid	adult
allele	agricultural practice	action	aflp
allelic variation	agricultural soil	activity	aims
anthesis	agricultural system	animal	amplified fragment length polymorphism
assimilate	agriculture	argentinean wheat	aphid
bread wheat	agroecosystem	attribute	azospirillum
breeding	annual crop	baking	bacterium
canopy	argentine pampas	beef	bio
chinese spring	argentinean pampas	behavior	biocontrol
chlorophyll	balance	bread	biocontrol agent
chromosome	balcarce	bread quality	biological control
critical period	biomass production	breadmaking	bipolaris sorokiniana
crop development	buenos aires province	calcium	brazil
cross	bulk density	carbohydrate	causal agent
delay	carbon	celiac disease	cereal crop
deletion	central argentina	cell	colonization
diploid wheat	precipitation	cellulose	complex
drought	climate	character	contaation
drought stress	climate change	composition	culture
dry weight	cm depth	compound	darkness
durum	co2	consumption	delphacidae
durum wheat	conventional tillage	cooky	deoxynivalenol
ear	copper	crumb	devastating disease
event	corn	diet	disease
exposure	cover crop	dough	disease progress curve
exssion	crop cycle	dsc	disease severity
fertile floret	crop growth	electron microscopy	don
flag leaf	crop production	energy	early stage
flowering	crop residue	enzyme	efficacy

gene	crop rotation	equation	europe
genetic background	crop sequence	farinograph	f graearum
genome	crop yield	fatty acid	f poae
genotype	depth	feed	fhb
gpc	double cropping	fermentation	field trial
grain filling	dry matter	fiber	foliar disease
grain number	dynamic	flour	fumonisin
grain protein content	efficient use	food	fungi
grain weight	emission	formulation	fungicide
harvest index	farm	g kg	fungicide treatment
hexaploid wheat	fertilization	gliadin	fungus
hybrid	fertilizer	glucose	fusarium
induction	fertilizer application	gluten	fusarium graminearum
introgression	fraction	gluten network	fusarium head blight
isogenic line	glycine max	glutenin	fusarium species
leaf	glycine max l	hand	genetic diversity
leaf rust	grain yield response	hardness	genetic structure
leafe	habitat	heat	genetic variability
limitation	herbicide	hplc	geration
line	highest yield	hydrocolloid	greenhouse
loci	inclusion	hydrolysis	greenhouse condition
locus	indicator	important role	head blight
low temperature	input	incubation	health
map	intensification	intake	hemiptera
mapping	kg n ha	inulin	host
marker	kg p	iron	important disease
maturity	land	kinetic	incidence
metabolism	land use	milk	infection
modern cultivar	long term	mixture	inhibition
molecular marker	management practice	moisture	inoculation
mutation	management strategy	moisture content	inoculum
none	micronutrient	nutritional quality	insect
oxidative stress	n content	parameter	kernel weight
pair	n fertilization	paration	leaf area
pathway	n rate	pasta	medium
phase	n uptake	pectin	microorganism
phenology	nitrogen	person	mortality
photoperiod	nitrogen fertilization	potato	mrcv
photoperiod sensitivity	nutrient	ppm	mycelial growth
photosynthesis	organic carbon	product	mycosphaerella graicola
plant height	organic matter	profile	mycotoxin
program	pampas	property	niv
qtl	pampas region	protease	nivalenol
radiation	pasture	protein	pathogen
radiation use efficiency	phosphorus	protein concentration	pathogenicity
regulation	physical property	protein content	pcr

resistance gene	physiological maturity	quality	pest
rue	planting	quality parameter	pesticide
senescence	practice	resistant starch	plant growth
short arm	productivity	rheological	progress
signal	rainfall	rheological property	protection
sowing date	rolling pampa	rice	pyrenophora tritici repenti
spike	root growth	sds	resistance
spike dry weight	rotation	sds page	rhizosphere
spikelet	s deficiency	sensory evaluation	root colonization
statistical analysis	semiarid region	shelf life	russian wheat
stem	simulation	solid state fermentation	rye
stem elongation	soil	soy	seed geration
stem elongation phase	soil depth	starch	seedling
stress	soil fertility	starch granule	septoria tritici
tig	soil organic carbon	storage	septoria tritici blotch
tolerance	soil organic matter	subunit	severity
trait	soil property	sucrose	significance
transfer	soil quality	sugar	south america
triticum	soil surface	texture	strain
vegetative	soil water	tomato	sub
vernalization	soil water content	w w	symptom
vernalization requirement	south	water absorption	tan spot
vious study	southeast	wga	toxin
vrn	sowing	wheat bran	trichoderma spp
water deficit	soybean	wheat bread	trichothecene
water stress	soybean glycine max	wheat dough	virus
wheat chromosome	spring wheat	wheat flour	week
wheat cultivar	sulfur	wheat germ	wheat field
wheat genotype	summer crop	wheat germ agglutinin	wheat grain
wheat line	sunflower	wheat gluten	wheat leafe
wheat variety	sustainability	wheat straw	wheat plant
yield component	threshold		wheat seed
yield deteration	tillage		wheat seedling
yield potential	tillage system		winter cereal
	tillering		
	typic argiudoll		
	urea		
	previous crop		
	water availability		
	weed		
	wheat crop		
	wheat grain yield		
	wheat growth		
	wheat root		
	wheat soybean		
	wheat yield		

winter
yield increase
yield response
zea
zinc

Tabla A2.3. Agrupación en *clusters* de los temas en las publicaciones de investigadores argentinos en maíz entre 2000 y 2018 en maíz. Los datos fueron obtenidos de Scopus.

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Cluster 5
anthesis	abundance	adult	a flavus	action
assimilate	adoption	alfalfa	a parasiticus	activity
assimilate availability	agricultural practice	allele	afb1	ani
balcarce	agricultural soil	america	aflatoxin	arabidopsis
biomass partitioning	agricultural system	bacillus	aflatoxin b1	archaeological site
biomass production	agriculture	background	aims	article
breeding	agroecosystem	barley	antifungal activity	bean
commercial hybrid	annual crop	brazil	antioxidant	beneficial effect
contrarily	argentine pampas	causal agent	aspergillus	bio
critical period	autumn	chromosome	aspergillus flavus	carbohydrate
crop growth	balance	cicadellidae	aspergillus section flavi	catamarca
dry matter	buenos aires province	conservation	bacillus amyloliquefacien	cell
dry weight	bulk density	corn crop	bacterium	cereal
duration	carbon	cotton	bha	compound
ear	central argentina	crdoba	biocontrol agent	consumption
ear growth rate	central region	cross	biological control	copper
effective grain	climate	cultivation	contamination	damage
extrusion	climate change	d kuscheli	corn grain	diet
flowering	climatic condition	dalbulus maidis	corn silage	enzyme
genotype	cm depth	de ro cuarto virus	culture	fatty acid
grain filling	conventional tillage	delphacidae	deoxynivalenol	fold
grain yield	corn yield	delphacodes	don	food
grain yield response	cover crop	delphacodes kuscheli	environmental condition	gene
growing season	crop cycle	disease	essential oil	glucose
hardness	crop management	disease severity	f graminearum	human
harvest index	crop production	diversity	f proliferatum	inhibitor
heat stress	crop residue	dna	f verticillioide	iron
helianthus annuus l	crop rotation	egg	fb1	leafe
hybrid	crop sequence	family	feed	low level
i e	crop yield	fee	fermentation	maize leafe
irrigation	cropping system	genetic diversity	forage	maize root
kernel	dataset	genome	fumonisin	maize seedling
kernel growth	degradation	germplasm	fumonisin b1	maize starch
kernel growth rate	depth	greenhouse	fumonisin production	matrix
kernel number	dose	hemiptera	fungal growth	month

kernel set	emission	host	fungal species	nadp me
kernel weight	energy	inbred line	fungi	pathway
knp	fallow	incidence	fungus	person
leaf	farmer	infection	fusarium	phenotype
maize breeding	fertilization	insect	fusarium graminearum	photo
maize grain yield	fertilizer	laboratory	fusarium proliferatum	plant species
maize hybrid	glycine max	landrace	fusarium species	present
maturity	glycine max l	larvae	fusarium verticillioide	protection
n availability	glyphosate	latin america	germination	protein
n fertilization	grass	lepidoptera	growth	rat
n supply	greenhouse experiment	line	growth rate	regulation
nitrogen availability	herbicide	loci	hplc	review
partitioning	highest value	maize field	human health	seedling
pgr	inclusion	maize genotype	incubation	shift
physiological maturity	input	maize landrace	inhibition	stable isotope
plant biomass	intercrop	marker	inhibitory effect	starch
plant density	land use	may	inoculation	sugar
plant grain yield	landscape	mrcv	isolation	tissue
plant growth	legume	noctuidae	lag phase	transcript
plant growth rate	long term	northwestern argentina	maize grain	transcription factor
plants m	maize yield	oat	maize kernel	uv b
pollination	management practice	parasitoid	maize silage	uv b radiation
post	microbial activity	pathogen	metabolite	zea may
radiation	n rate	pest	microorganism	zinc
restriction	nitrogen	phenotypic	mixture	
row	nitrogen fertilization	plant height	mycotoxin	
row spacing	nutrient	previous study	none	
senescence	organic carbon	province	peanut	
silk	organic matter	qtl	penicillium	
silking	pampas	quantitative trait loci	percent	
stand	pampas region	report	pesticide	
stand density	pasture	rice	pseudomonas	
stem	phosphorus	richness	rhizosphere	
stress	precipitation	ro cuarto	screening	
threshold	previous crop	ro cuarto virus	silage	
timing	quantity	segment	storage	
tolerance	rainfall	severity	strain	
trait	residue	south america	substrate	
tropical	rolling pampa	spite	toxin	
water stress	root growth	spodoptera frugiperda	vitro	
yield response	rotation	ssr	water activity	
	scenario	susceptibility	yeast	
	simulation	symptom	zearalenone	
	soil	vector		
	soil condition	virus		
	soil fertility			

soil organic carbon
 soil organic matter
 soil physical property
 soil profile
 soil property
 soil quality
 soil surface
 soil type
 soil water
 soil water content
 sowing
 sowing date
 soybean
 soybean glycine max
 soybean monoculture
 spring
 stock
 summer
 summer crop
 sustainability
 tillage
 tillage system
 trichoderma
 triticum aestivum l
 typic argiudoll
 urea
 water availability
 water use efficiency
 wheat soybean
 winter

Tabla A2.4. Agrupación en *clusters* de los temas en las publicaciones de investigadores argentinos en maíz entre 2000 y 2018 en soja. Los datos fueron obtenidos de Scopus.

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
activity	abundance	acid	active ingredient
aims	accuracy	adsorption	adult
alteration	actor	air	alfalfa
amf	adoption	air water interface	bio
antioxidant enzyme	agricultural area	animal	biological control
arbuscular mycorrhizal fungi	agricultural expansion	antioxidant	biomarker
arsenic	agricultural field	antioxidant property	bug
b japonicum	agricultural intensification	background	coleoptera
bacillus	agricultural land	behaviour	curculionidae
bacterial strain	agricultural manment	beneficial effect	cypermethrin

bacterium	agricultural practice	biodiesel	effectiveness
bean	agricultural production	blend	egg
bradyrhizobium	agricultural system	calcium	endosulfan
bradyrhizobium japonicum	agricultural use	carbohydrate	essential oil
bradyrhizobium japonicum e109	agroecosystem	casein	exposure
cadmium	annual crop	cell	fecundity
cat	argentine pampas	chemical	feed
catalase	argentinean pampas	cholesterol	female
causal nt	article	compound	fish
charcoal rot	atmosphere	conglycinin	hemiptera
chlorophyll	balcarce	cow	herbivore
chlorophyll content	barley	crude soybean oil	highest concentration
colonization	biodiversity	denaturation	host
compatibility	biofuel	diet	individual
competition	biological nitrogen fixation	dietary	insect
competitiveness	bird	dispersion	insecticide
controlled condition	buenos aires province	enzyme	laboratory
cross	bulk density	ethanol	laboratory condition
culture	carbon	fat	larvae
death	central argentina	fatty acid	lepidoptera
detection	central region	fatty acid composition	life
disease	chaco	fatty acid methyl ester	life cycle
dry weight	climate	fatty acid profile	male
early st	climate change	fermentation	mortality
efficacy	cm depth	fold	noctuidae
enhancement	cm layer	food	organ
expression	community	food industry	parasitoid
f tucumaniae	conservation	formation	pentatomidae
fungal pathogen	cover crop	formulation	pest
fungi	critical period	free fatty acid	pesticide
fungicide	crop cycle	fruit	preference
fungus	crop growth	functional property	runoff
fusarium	crop manment	functionality	sediment
gene	crop residue	genistein	sex
gene expression	crop rotation	glycerol	south america
genetic diversity	crop sequence	glycinin	stream
genotype	crop yield	heat	survival
geration	cropland	high pressure	tomato
glycine max l	cropping	hour	toxicity
greenhouse	cropping system	human	vegetative
greenhouse condition	cultivation	human consumption	
groundwater	december	human health	
h2o2	deforestation	hydrolysis	
heme oxygenase	depth	immobilization	
higher concentration	diversity	incorporation	
higher level	double cropping	industry	

identification	duration	ingredient
identity	dynamic	intake
infection	economy	interface
inhibition	ecosystem	iron
inhibitor	ecosystem service	isoflavone
inoculant	emergence	isolation
inoculation	emission	kind
irrigation	environmental impact	kinetic
isolate	expansion	lab
key role	export	lactic acid bacterium
leafe	farm	lectin
lipid peroxidation	farmer	linolenic acid
macrophoa phaseolina	fertilization	lipid
marker	fertilizer	liposome
mechanism	field data	lipoxygenase
medium	field study	liver
metabolism	flowering	low concentration
metabolite	forest	mammal
mutant	glycine max l merr	matrix
mycotoxin	glyphosate application	mechanical property
nitric oxide	grain yield	membrane
nitrogen fixation	grass	methanol
nodulation	grassland	milk
nodule	habitat	mixture
oxidative dam	harvest	moisture
oxidative stress	harvest index	moisture content
pair	helianthus annuus l	molecule
pathogen	high yield	mouse
pathogenicity	iety	mpa
pathway	inclusion	nacl
pcr	input	novel
phylogenetic analysis	intensification	nutritional value
pot	intercrop	oil
primer	kg n ha	oleic acid
protection	land	olive oil
pseudomonas	land use	optimization
regulation	land use change	oxidation
rhizobia	landscape	particle
rhizosphere	latin america	particle size
root	link	patient
root colonization	long term	peptide
sclerotinia sclerotiorum	main crop	phosphatidylcholine
sds	main objective	phospholipid
seed geration	maize	plasma
seed quality	manment practice	potential use
seedling	manment strategy	preparation

senescence	manment system	present work
severity	market	pressure
shoot	maturity	prevention
soybean cultivar	merrill	property
soybean genotype	mollisol	protein
soybean leafe	monoculture	protein concentration
soybean root	n fertilizer	protein content
soybean seed	natural grassland	rapeseed
soybean seedling	new technology	rat
stem	nitrogen	recovery
strain	nitrogen fertilization	removal
stress	oat	replacement
sudden death syndrome	organic carbon	rheological
superoxide dismutase	organic matter	rheological property
symbiosis	organic matter content	salt
tbar	output	sds p
thiobarbituric acid reactive substance	pampa	shelf life
tissue	pampas	significant change
tolerance	pampas region	significant reduction
toxin	pampean region	solubility
tucumn	paraguay	solution
uv b	past	solvent
uv b radiation	pasture	soy
vitro	phenology	soy flour
wild type	photoperiod	soy product
	physical parameter	soy protein
	physical property	soybean flour
	physiological maturity	soybean hull
	pod	soybean lecithin
	policy	soybean meal
	post	soybean oil
	practice	soybean phosphatidylcholine
	predoance	soybean protein
	previous crop	soybean protein isolate
	production system	soymilk
	productivity	spc
	province	spi
	radiation	stability
	rainfall	stor
	regional scale	substrate
	resource	sunflower oil
	richness	supplementation
	rolling pampa	synthesis
	rolling pampas	texture
	rotation	tocopherol
	row	transesterification

sampling	triglyceride
seed filling	urea
seed number	vegetable
seed yield	vegetable oil
simulation	view
soil degradation	viscosity
soil depth	w w
soil fertility	
soil microbial community	
soil moisture	
soil organic carbon	
soil organic matter	
soil physical property	
soil property	
soil quality	
soil sample	
soil surface	
soil water	
soil water content	
solar radiation	
sole crop	
sowing	
sowing date	
soybean cultivation	
soybean expansion	
soybean field	
soybean monoculture	
soybean sole crop	
soybean yield	
species richness	
spring	
stock	
suelo	
summer	
summer crop	
sustainability	
threshold	
toc	
topsoil	
total n	
total organic carbon	
transformation	
trichoderma	
triticum aestivum l	
typic argiudoll	
vegetation	

vetch
water deficit
weed
wheat
wheat soybean
wheat yield
winter
yield increase
yield reduction
zea

Tabla A2.5. Agrupación en *clusters* de los temas en las publicaciones de investigadores argentinos en maíz entre 2000 y 2018 en girasol. Los datos fueron obtenidos de Scopus.

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
aba	advantage	adaptation	accession
abscisic acid	animal	alfalfa	allele
accumulation	antioxidant	annuus l	association
arabidopsis	antioxidant activity	anthesis	asteraceae
cadmium	ation	balcarce	breeding
conservation	behavior	barley	candidate gene
cotyledon	biodiesel	buenos aires province	capitula
developmental stage	biodiesel production	capitulum	central argentina
drought	blend	carbon	commercial hybrid
enzyme	catalyst	corn	country
expression	chemical	critical period	cross
gene	chemical com	cultivation	cultivar
gene expression	coalescence	depth	cultivated sunflower
geration	com	dry matter	diversity
hd zip	compound	dry weight	dormancy
helianthus	creag	duration	emergence
helianthus annuus	crystallization	dynamic	family
irrigation	crystallization behavior	embryo	flower
leaf	crystallization temperature	environmental condition	genotype
leaf senescence	diet	estimation	h petiolaris
leafe	dispersion	exposure	height
metabolism	edible oil	fertilization	herbicide
metal	emulsifier	flowering	herbicide resistance
nacl	ethanol	fruit	hybridization
nucleotide	fat	grain	imazapyr
organ	fatty acid	grain filling	imidazolinone
oxidative stress	fatty acid com	grain number	imidazolinone resistance
promoter	fatty acid profile	grain weight	inbred line
protein	fish oil	grain yield	inoculation
regulation	food	harvest	insect
role	food industry	head	line
root	free fatty acid	high temperature	linkage group
seedling	hexane	higher temperature	loci
senescence	high oleic sunflower oil	hull	marker
shoot	hydrogenation	hybrid	molecular marker
stem	hydrolysis	lack	north america
strain	i e	maize	origin
stress	kinetic	management	pathogen
sub	lecithin	maturity	pollen
sucmov	linoleic acid	mechanical property	polymorphism
sugar	lipid	moisture content	progeny
sunflower chlorotic mottle virus	literature	nitrogen	progress

sunflower leafe	methanol	oil concentration	qtl
sunflower seedling	milk	oil content	region
symptom	modification	oil fatty acid com	report
synthesis	natural antioxidant	oil quality	resistance
tolerance	negative effect	oil yield	resource
transcription factor	oil	pericarp	s sclerotiorum
transgenic	oleic acid	physiological maturity	sclerotinia sclerotiorum
transgenic arabidopsis	olive oil	productivity	selection
vitro	one	radiation	snp
water deficit	oxidation	soil	south america
water stress	oxidative	solar radiation	ssr
	particle size	sowing date	sunflower breeding
	phospholipid	substrate	sunflower genotype
	present work	summer	sunflower inbred line
	procedure	sunflower hybrid	sunflower line
	product	sunflower seed hull	susceptibility
	property	sunflower yield	trait
	rheological property	tig	weed
	seed oil	tillage	wild sunflower
	sfo	trial	
	shelf life	triticum aestivum l	
	soybean oil	turn	
	starch	unit	
	storage	wheat	
	storage condition	winter	
	sucrose	zea	
	sunflower lecithin		
	sunflower meal		
	sunflower oil		
	temperature		
	tocopherol		
	tran		
	triglyceride		
	ulation		
	vegetable oil		
	viscosity		
	w w		
	water		
	waxis		
	week		

Tabla A2.6. Valor estimado, Error Estándar, valor T y p-valor de la pendiente de la regresión de la cantidad de ocurrencias de cada término relativo a la media de ese término en publicaciones de trigo en Scopus entre 2000 y 2018. Se resaltaron en negrita los términos con pendientes significativamente diferentes a cero.

	Valor estimado	Error Estándar	T	p-valor
anthesis	-0.001	0.016	-0.085	9.32E-01
barley	0.010	0.019	0.550	5.82E-01
bread	0.067	0.014	4.825	1.82E-06
bread wheat	0.030	0.021	1.478	1.40E-01
buenos aires	0.041	0.022	1.844	6.57E-02
buenos aires province	0.003	0.017	0.181	8.57E-01
case	0.017	0.019	0.902	3.68E-01
chromosome	-0.007	0.019	-0.358	7.20E-01
combination	0.016	0.018	0.890	3.74E-01
composition	0.038	0.023	1.657	9.81E-02
consequence	-0.008	0.026	-0.308	7.58E-01
control	0.062	0.024	2.548	1.11E-02
conventional tillage	-0.051	0.018	-2.749	6.18E-03
corn	0.001	0.019	0.076	9.40E-01
country	0.018	0.033	0.551	5.82E-01
crop yield	0.018	0.027	0.651	5.15E-01
cultivar	0.000	0.020	-0.020	9.84E-01
day	0.027	0.025	1.080	2.80E-01
decrease	0.017	0.015	1.128	2.60E-01
disease	0.057	0.017	3.276	1.12E-03
dough	0.033	0.024	1.365	1.73E-01
end	0.028	0.020	1.367	1.72E-01
enzyme	0.011	0.017	0.637	5.25E-01
evaluation	0.006	0.019	0.304	7.61E-01
evidence	-0.002	0.019	-0.083	9.34E-01
fertilization	0.043	0.025	1.725	8.52E-02
field condition	0.038	0.018	2.158	3.14E-02
field experiment	0.014	0.017	0.835	4.04E-01
flour	0.056	0.022	2.487	1.32E-02
gene	0.033	0.013	2.481	1.34E-02
genotype	0.027	0.019	1.410	1.59E-01
grain yield	0.078	0.021	3.694	2.43E-04
group	0.023	0.028	0.828	4.08E-01
iii	0.018	0.021	0.841	4.01E-01
importance	-0.002	0.028	-0.067	9.46E-01
influence	0.036	0.022	1.635	1.03E-01
inoculation	0.007	0.020	0.349	7.28E-01
leafe	-0.039	0.017	-2.251	2.48E-02
line	0.003	0.017	0.192	8.48E-01
location	-0.009	0.023	-0.411	6.81E-01
marker	0.018	0.024	0.748	4.55E-01
mixture	0.066	0.029	2.238	2.56E-02

nitrogen	0.054	0.021	2.623	8.95E-03
order	0.024	0.017	1.413	1.58E-01
paper	0.021	0.018	1.208	2.28E-01
pathogen	0.058	0.019	3.147	1.74E-03
plant	-0.019	0.026	-0.722	4.70E-01
product	0.061	0.025	2.483	1.33E-02
property	0.062	0.016	3.796	1.64E-04
proportion	0.028	0.025	1.125	2.61E-01
protein	0.008	0.015	0.507	6.12E-01
quality	0.038	0.029	1.310	1.91E-01
relation	0.024	0.021	1.157	2.48E-01
resistance	0.042	0.017	2.427	1.55E-02
respect	0.049	0.017	2.828	4.85E-03
role	0.089	0.022	4.063	5.56E-05
root	0.051	0.021	2.379	1.77E-02
season	0.053	0.020	2.650	8.29E-03
seed	-0.013	0.023	-0.577	5.64E-01
selection	0.040	0.017	2.383	1.75E-02
sequence	0.020	0.020	0.977	3.29E-01
significant difference	0.022	0.018	1.224	2.22E-01
site	0.031	0.025	1.221	2.23E-01
soil	0.017	0.021	0.827	4.09E-01
sowing	0.020	0.023	0.887	3.75E-01
soybean	0.053	0.015	3.606	3.40E-04
spike	0.023	0.017	1.391	1.65E-01
strain	0.074	0.021	3.527	4.56E-04
sunflower	0.003	0.022	0.123	9.02E-01
tillage	-0.005	0.014	-0.366	7.15E-01
tillage system	0.006	0.026	0.243	8.08E-01
tillering	0.002	0.024	0.080	9.36E-01
trait	0.054	0.018	2.925	3.59E-03
triticum aestivum	-0.058	0.016	-3.525	4.60E-04
water	0.046	0.017	2.793	5.41E-03
wheat bran	0.001	0.023	0.024	9.81E-01
wheat flour	0.068	0.019	3.558	4.07E-04
wheat plant	0.007	0.019	0.383	7.02E-01
wheat yield	-0.002	0.019	-0.119	9.05E-01
world	-0.006	0.033	-0.187	8.52E-01
zea	0.015	0.020	0.733	4.64E-01

Tabla A2.7. Valor estimado, Error Estándar, valor T y p-valor de la pendiente de la regresión de la cantidad de ocurrencias de cada término relativo a la media de ese término en publicaciones de maíz en Scopus entre 2000 y 2018. Se resaltaron en negrita los términos con pendientes significativamente diferentes a cero.

	Valor estimado	Error Estándar	T	p-valor
application	4.01E-02	0.029	1.40E+00	1.64E-01

bacterium	4.56E-02	0.026	1.75E+00	8.15E-02
contrast	3.69E-02	0.033	1.13E+00	2.61E-01
control	2.69E-02	0.026	1.02E+00	3.11E-01
corn	7.32E-02	0.024	3.10E+00	2.11E-03
crop yield	5.63E-02	0.026	2.19E+00	2.95E-02
day	-1.97E-03	0.019	-1.04E-01	9.18E-01
diet	8.22E-03	0.023	3.58E-01	7.20E-01
ear	-1.49E-02	0.018	-8.45E-01	3.99E-01
end	2.41E-02	0.024	1.00E+00	3.17E-01
environment	4.79E-02	0.021	2.34E+00	2.01E-02
f verticillioide	6.19E-04	0.022	2.81E-02	9.78E-01
field	8.38E-02	0.034	2.47E+00	1.40E-02
fumonisin	3.02E-02	0.034	8.97E-01	3.70E-01
fusarium verticillioide	-7.35E-03	0.024	-3.12E-01	7.55E-01
gene	3.89E-02	0.024	1.62E+00	1.06E-01
genotype	3.66E-02	0.018	2.02E+00	4.42E-02
grain yield	6.67E-02	0.017	3.85E+00	1.42E-04
growth	4.47E-02	0.021	2.16E+00	3.15E-02
hemiptera	2.20E-15	0.032	6.80E-14	1.00E+00
hybrid	2.10E-02	0.014	1.48E+00	1.39E-01
hypothesis	-2.11E-02	0.023	-9.13E-01	3.62E-01
impact	1.01E-01	0.023	4.48E+00	1.03E-05
insect	2.12E-02	0.025	8.62E-01	3.89E-01
kernel	1.42E-02	0.015	9.64E-01	3.36E-01
kernel number	2.27E-03	0.027	8.56E-02	9.32E-01
leafe	2.37E-02	0.026	9.27E-01	3.55E-01
maize crop	-1.11E-02	0.029	-3.90E-01	6.97E-01
maize grain	1.85E-02	0.029	6.44E-01	5.20E-01
maize hybrid	1.71E-02	0.020	8.49E-01	3.97E-01
mycotoxin	3.23E-02	0.034	9.64E-01	3.36E-01
order	7.82E-02	0.024	3.31E+00	1.05E-03
paper	2.48E-02	0.030	8.40E-01	4.01E-01
present study	4.43E-03	0.033	1.35E-01	8.93E-01
product	1.25E-02	0.027	4.66E-01	6.42E-01
protein	7.34E-02	0.020	3.65E+00	3.02E-04
rice	6.98E-03	0.026	2.73E-01	7.85E-01
role	5.63E-02	0.024	2.38E+00	1.80E-02
root	3.19E-02	0.018	1.77E+00	7.81E-02
significant difference	1.72E-02	0.031	5.49E-01	5.84E-01
silking	6.95E-03	0.019	3.75E-01	7.08E-01
site	7.71E-02	0.026	3.01E+00	2.77E-03
soil	5.15E-02	0.025	2.09E+00	3.75E-02
sowing	2.85E-02	0.024	1.21E+00	2.27E-01
soybean	6.59E-02	0.018	3.75E+00	2.11E-04
species	1.97E-02	0.022	9.17E-01	3.60E-01
strain	5.68E-02	0.020	2.91E+00	3.92E-03
sunflower	-4.54E-03	0.018	-2.49E-01	8.04E-01
tillage	-7.03E-03	0.019	-3.70E-01	7.12E-01

tillage system	-1.16E-02	0.034	-3.45E-01	7.30E-01
trait	8.42E-02	0.021	4.09E+00	5.35E-05
water activity	1.52E-02	0.026	5.82E-01	5.61E-01
way	2.30E-02	0.027	8.47E-01	3.97E-01
wheat	6.66E-02	0.021	3.10E+00	2.09E-03
zea may	3.19E-02	0.025	1.28E+00	2.01E-01

Tabla A2.8. Valor estimado, Error Estándar, valor T y p-valor de la pendiente de la regresión de la cantidad de ocurrencias de cada término relativo a la media de ese término en publicaciones de soja en Scopus entre 2000 y 2018. Se resaltaron en negrita los términos con pendientes significativamente diferentes a cero.

	Valor estimado	Error Estándar	T	p-valor
acid	7.19E-02	0.023	3.14E+00	1.84E-03
buenos aires province	1.84E-03	0.026	7.12E-02	9.43E-01
case	3.83E-02	0.035	1.09E+00	2.78E-01
comparison	2.23E-02	0.021	1.04E+00	2.99E-01
compound	5.48E-02	0.024	2.30E+00	2.18E-02
corn	3.79E-02	0.023	1.67E+00	9.49E-02
crop yield	6.94E-02	0.030	2.30E+00	2.22E-02
diet	5.12E-02	0.018	2.80E+00	5.37E-03
enzyme	1.51E-02	0.018	8.19E-01	4.13E-01
evaluation	4.01E-02	0.022	1.81E+00	7.15E-02
expression	3.97E-02	0.029	1.37E+00	1.72E-01
fatty acid	5.36E-02	0.025	2.13E+00	3.42E-02
function	3.32E-02	0.023	1.43E+00	1.53E-01
gene	4.31E-02	0.023	1.84E+00	6.59E-02
genotype	4.37E-02	0.033	1.31E+00	1.92E-01
glycine max l	1.46E-02	0.029	4.96E-01	6.20E-01
glyphosate	1.61E-02	0.023	7.08E-01	4.80E-01
group	6.90E-02	0.035	1.95E+00	5.21E-02
hand	7.77E-03	0.019	4.06E-01	6.85E-01
harvest	2.73E-02	0.025	1.09E+00	2.74E-01
herbicide	-1.32E-02	0.035	-3.75E-01	7.08E-01
influence	2.26E-02	0.023	9.84E-01	3.26E-01
isolate	2.21E-02	0.017	1.30E+00	1.93E-01
leafe	5.70E-02	0.022	2.58E+00	1.04E-02
maize	4.21E-02	0.023	1.83E+00	6.82E-02
merr	5.81E-02	0.022	2.65E+00	8.37E-03
nodule	3.88E-02	0.025	1.55E+00	1.21E-01
oil	4.20E-02	0.016	2.65E+00	8.44E-03
oxidative stress	-1.11E-02	0.023	-4.85E-01	6.28E-01
percent	2.28E-03	0.023	9.94E-02	9.21E-01
present work	2.73E-02	0.025	1.10E+00	2.70E-01
product	3.65E-02	0.026	1.40E+00	1.63E-01
property	6.72E-02	0.020	3.36E+00	8.62E-04
protein	9.10E-03	0.014	6.52E-01	5.15E-01

range	5.91E-02	0.024	2.51E+00	1.26E-02
relation	2.95E-02	0.027	1.10E+00	2.72E-01
respect	1.94E-02	0.019	1.01E+00	3.11E-01
root	5.50E-02	0.016	3.39E+00	7.59E-04
rotation	1.23E-02	0.027	4.52E-01	6.52E-01
seed	2.84E-02	0.022	1.29E+00	1.97E-01
selection	2.79E-03	0.034	8.20E-02	9.35E-01
size	3.47E-02	0.020	1.78E+00	7.63E-02
south america	1.07E-01	0.029	3.64E+00	3.13E-04
soy	3.88E-02	0.020	1.91E+00	5.75E-02
soy protein	1.91E-02	0.016	1.21E+00	2.27E-01
soybean glycine max	4.08E-02	0.020	2.08E+00	3.82E-02
soybean oil	5.80E-02	0.021	2.79E+00	5.59E-03
soybean yield	9.66E-03	0.032	3.05E-01	7.61E-01
strain	7.69E-02	0.018	4.20E+00	3.27E-05
temperature	6.96E-02	0.019	3.60E+00	3.56E-04
vitro	4.57E-03	0.031	1.48E-01	8.82E-01
wheat	2.96E-02	0.024	1.21E+00	2.27E-01
zea	4.89E-17	0.019	2.58E-15	1.00E+00

Tabla A2.9. Valor estimado, Error Estándar, valor T y p-valor de la pendiente de la regresión de la cantidad de ocurrencias de cada término relativo a la media de ese término en publicaciones de girasol en Scopus entre 2000 y 2018. Se resaltaron en negrita los términos con pendientes significativamente diferentes a cero.

	Valor estimado	Error Estándar	T	p-valor
argentina	0.052	0.019	2.752	0.006
case	-0.014	0.022	-0.632	0.528
comparison	0.038	0.028	1.349	0.179
control	0.018	0.021	0.858	0.392
corn	0.024	0.023	1.036	0.301
day	0.004	0.024	0.154	0.877
decrease	0.025	0.026	0.941	0.347
development	0.049	0.036	1.353	0.177
environment	0.002	0.022	0.108	0.914
expression	0.007	0.023	0.323	0.747
field	0.048	0.030	1.567	0.118
gene	0.013	0.019	0.714	0.476
genotype	-0.040	0.023	-1.714	0.088
grain	0.047	0.023	1.992	0.048
helianthus	-0.031	0.021	-1.504	0.134
helianthus annuus l	0.007	0.023	0.309	0.757
leafe	0.022	0.020	1.113	0.267
maize	-0.004	0.017	-0.256	0.798
oil	0.053	0.017	3.179	0.002
order	0.011	0.019	0.580	0.562
presence	0.003	0.019	0.141	0.888

product	0.072	0.021	3.456	0.001
protein	-0.015	0.018	-0.831	0.407
resistance	0.019	0.024	0.798	0.426
role	-0.006	0.028	-0.220	0.826
root	0.021	0.023	0.893	0.373
seed	-0.013	0.021	-0.610	0.542
selection	-0.016	0.023	-0.713	0.476
soil	0.027	0.031	0.881	0.379
soybean	0.026	0.014	1.830	0.069
species	0.056	0.021	2.686	0.008
sunflower oil	0.034	0.015	2.193	0.029
sunflower seed	0.004	0.033	0.113	0.910
trait	0.016	0.025	0.639	0.524
water	0.044	0.032	1.380	0.169
wheat	0.011	0.018	0.590	0.555
year	0.040	0.018	2.224	0.027

Anexo III

Tabla A3.1. Listado de todas las disciplinas (categorías) definidas por Agroconsultas Online para realizar las consultas a expertos.

Disciplina (categoría)	Sub-categoría		
Agroquímicos	Acaricidas	Fitorreguladores	Papa
Agua	Adyuvantes y aditivos	Foliare	Pastura de gramíneas
Almacenaje	Agricultura de precisión	Forrajeras	Pastura de leguminosas
Apicultura	Aireación	Fungicidas	Pasturas mixtas
Aplicaciones de agroquímicos	Alfalfa	Garbanzo	Pasturas mixtas
Calidad comercial	Algodón	Generalidades	Pasturas consociadas
Calidad de semillas	Alquileres	Gerenciamiento y gestión	Pasturas templadas
Caracterización e identificación de ambientes	Análisis de nuevos negocios e inversiones	Girasol	Planificación y manejo de sistemas ganaderos pastoriles
Contabilidad y administración	Apicultura	Herbicidas	Pos-emergencia
Control de enfermedades	Arroz	Híbridos de girasol	Prácticas alternativas para el manejo de malezas
Control de malezas	Arveja	Híbridos de maíz	Pre-emergencia
Control de plagas	Barbecho	Hidráulica	Pre-siembra
Densidad y distanciamiento	Bienestar animal	Hortícolas	Producción y utilización de forrajeras templadas
Diseño experimental y análisis	Calidad de agua	Identificación de malezas	Promotores del crecimiento
Drenaje	Calidad de aplicaciones aéreas	Impacto del riego	Pronósticos climáticos
Ecofisiología de cultivos	Calidad de aplicaciones terrestres	Inoculantes	Pronósticos meteorológicos
Empresa agropecuaria	Campo natural	Inoculantes y promotores del crecimiento	Pulverización
Energías renovables	Caracterización e identificación de ambientes	Inscripción en registros	Recuperación de suelos salinos y/o sódicos
Establecimiento de cultivos	Cebada	Insecticidas	Recupero de impuestos
Fecha de siembra	Cebos	Intensificación	Recursos naturales
Fertilizantes	Coadyuvantes	Interacciones y compatibilidades	Regímenes de información
Forestales	Colza	Invernada pastoril	Resultados económicos y rentabilidad
Ganadería	Comercialización de granos	Lenteja	Riego
Herbicidas	Coníferas	Liquidación de impuestos	Rotaciones
Impuestos y regímenes	Contabilidad y administración	Líquidos	Sanidad en bovinos
Inoculantes y promotores del crecimiento	Control de insectos, hongos y micotoxinas	Macronutrientes	Seguridad en manejo de agroquímicos
Insecticidas	Control de malezas	Maíz	Seguros climáticos para cultivos
Legislación	Cosecha	Maíz para silaje de planta entera	Seguros financieros
Manejo de cultivos	Costos operativos y de inversión	Manejo de agua en sistemas productivos	Siembra
Manejo integrado de malezas	Cría	Manejo de cultivos por ambientes	Silobolsa
Maquinarias y labores	Cultivos de cobertura	Manejo del agua de pulverización	Sistemas de información geográficos (SIG)
Mercados agropecuarios	Curasemillas	Manejo del agua de riego	Sistemas de producción de carne bovina
Negocios agropecuarios	Degradación	Manejo general de cultivos	Sistemas de producción de leche
Nutrición y Fertilización	Derecho ambiental	Manejo y conservación	Soja
Producción de forrajes	Desarrollo de equipos de trabajo	Maní	Sólidos

Riego	Dinámica de freática	Márgenes y rentabilidad	Sorgo
Seguros agropecuarios	Diseño experimental y análisis	Materia orgánica	Suplementación a campo
Selección de genotipos	Energía solar	Micronutrientes	Sustentabilidad ecológica
Semillas	Enmiendas	Muestreo, análisis y diagnóstico	Teledetección e imágenes satelitales
Sistemas de producción	Familias y modos de acción	Napas: calidad de agua	Trigo
Suelos	Feedlot	Napas: uso por los cultivos	Uso de información climática
Tecnologías GeoEspaciales	Fertilidad	Operatorias y trámites bancarios	Variedades de cebada
Tiempo y clima	Fertilización	Otros cultivos	Variedades de soja
Ventanas de intervención con herbicidas	Fisiología de semillas, germinación y emergencia	Ovinos	Variedades de trigo Verdeos

Tabla A3.2. Agrupación en *clusters* de los temas consultados en Agroconsultas Online (2011-2019) en Trigo.

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
calidad	calcular 1 numero	foto
dato	hoja enferma	lesione
dosis	mancha	mancha amarilla
experimento	portadora	
grano	sana	
macollo	sintoma	
maleza	umbral	
sembrar		
semilla		
suelo		
variedade		

Tabla A3.3. Agrupación en *clusters* de los temas consultados en Agroconsultas Online (2011-2019) en Maíz.

Cluster 1	Cluster 2
arenoso	control maleza
daño	experimento
dato	glifosato
enfermedade	graminea
fertilizar	graminicida
foto	hormonale
fuelle	maleza
grano	opcion
hibrido	premium
maice	rama negra
raice	residual
rinde	sulfato

sintoma	tratamiento
stress	
suelo	
superiore	
tardia	
temperatura	
temprana	

Tabla A3.4. Agrupación en *clusters* de los temas consultados en Agroconsultas Online (2011-2019) en Soja.

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
ataque	barbecho	adulto
cantidad	biotipos resistente	bolillera
ciclo	clorimuron	chinch
daño	colorado	clorpirifo
diferente	combinacion	control chinch
enfermedad	combinacione	daño
enfermedade	control maleza	fenologico
estrobilurina explicada cantidad	controlar maleza	grano
fecha	diclosulam	hoja
fecha sembrar	disponible	insecticida
flore	eficace	insecto
foliare	estrategia	mayore
fosfito	experimento	medidora
foto	glifosato	persistencia
fructificacione	golpe	piretroide
fungicida	graminea	plaga
hongo	graminicida	soja
hora	heat	stand planta
lesione	herbicida	stress
mancha	hormonale	trip
menciona	jovene	umbrale
molecula	maleza	
necesita	malezas pequeña	
patogeno	metolaclor	
pl lograda	ppo	
plantula	premium	
precipitacione	probabilidade	
pronosticada	rama negra	
raice	rebrote	
rana	residual	
rio	residualidad	
sintoma	satisfactorio	
	sulfato	

superiore	sulfentrazone
temperatura	sulfonilurea
variedade	

Tabla A3.5. Agrupación en *clusters* de los temas consultados en Agroconsultas Online (2011-2019) en Girasol.

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3
daño	control maleza	dependen compleja interaccion numeroso
foto	ensayo	edafo
graminicida	experimentale implantar	grande emitir recomendacione
hormonale	cualquier	seguras universale
lluvia	marbete	tiempo debe transcurrir aplicar
lote		
planta		
rama negra		
semilla		
stand planta		
temperatura		

Tabla A3.6. Agrupación en *clusters* de los temas consultados en Agroconsultas Online (2011-2019) en todos los cultivos en conjunto.

Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4
aceite	acumulado	analisis	adulto
acetoclor	ambientale	area	ataque
actividad	aplicar fungicida	arenoso	bolillera
alternativa	aplicar realizada	bajo	borde
altura	argentina	cae	chinch
aplicar sembrar	bacteria	calidad	clorpirifo
barbecho	calcular 1 numero	cambio	control chinch
biotipos resistente	cantidad	ciclo	cortadora
cloracetamida	cereale	concentracion	daño
clorimuron	color	densidade	diamida
coadyuvante	cultivare	eficiencia	efectivo
colorado	diagnostico	encuentre	fenologico
combinacion	dosis recomendada	enero	hora
combinacion glifosato premium	eficiente	esperamo	insecticida
combinacione	enfermedad	etapa	insecto
combinado	enfermedade	excelente	medidora
control maleza	envio foto	fecha sembrar	neonicotinoide
controla	estimada	fertilizante	persistencia
controlar maleza	estrobilurina	fertilizar	piretroide
controlarla	explicada cantidad	flore	plaga

desempeño	foliare	fosforo	poblacion
diclosulam	fosfito	fuelle	poblacione
dosis normale	foto	grano	tallo
edafo	fructificacione	hilera	trip
eficace	fungicida	materiale	umbrale
emergencia	genotipo	menciona	
escape	hoja	napa	
ester	hoja enferma	nitrato	
estrategia	hoja superiore	nitrogeno nitrato	
experimento	hongo	numero grano	
formulacione	imagene	nutriente	
glifosato	lesione	objetivo	
glufosinato	mancha	oferta	
golpe	mancha amarilla	optima	
graminea	molecula	perdida	
graminicida	momento	pl lograda	
heat	monitoreo	profundidad	
herbicida	muestra	pueda	
herbicidas hormonale	patogeno	raice	
hormonale	portadora	region	
imidazolinona	precipitacione	rendimiento	
inhibidore	pronosticada	rinde	
jovene	pue	sembrar tardia	
lote maiz	pustula	semillero	
lugar	raiz	stand planta	
maleza	rana	suerte	
malezas pequena	respondida	surco	
mani	roya	tardia	
marbete	sana	tasa	
mata	semillero	temperatura	
metolaclor	sintoma	ultimos año	
metsulfuron	stress	urea	
nacimiento	superiore	variedade	
negra	susceptible	zona	
paraquat glufosinato	triazole		
picloram	trigo cebada		
plantas grande	uba		
plantas jovene	verde		
ppo			
preemergente			
premium			
presiembra			
probabilidade			
propone			
raigra			
rama negra			

rebrote
receta
relativamente
residual
residualidad
resistente
sal
satisfactorio
sentido
soja sts
sulfato
sulfentrazone
sulfonilurea
tratamiento
vea
viola