

Análisis bibliográfico de la investigación agronómica en la Argentina

Martín Oesterheld, María Semmartin y Antonio Hall
IFEVA, Facultad de Agronomía (UBA)-CONICET

Esta nota sintetiza la recopilación y análisis realizados por los autores para un comité internacional que evaluó el estado de las ciencias agropecuarias en la Argentina a pedido de la fundación Antorchas, la que también motivó y financió parcialmente este estudio.

Actividad agropecuaria

Por actividad agropecuaria normalmente se designa a un conjunto variado de labores cuyo núcleo es la producción primaria de alimentos, maderas y fibras. Por lo común la denominación también se extiende a la manufactura de diversos insumos utilizados por aquella producción, como fertilizantes, semillas, maquinaria, pesticidas, etc., lo mismo que a las llamadas agroindustrias y a la comercialización de todos los productos mencionados. Como se advierte, se trata de una multiplicidad de tareas, con claros elementos centrales y con límites difusos.

La actividad agropecuaria utiliza distintas formas de conocimiento. En parte es conocimiento poco estricto basado en la experiencia, o es de tipo anecdótico, o deducido por mecanismos pobremente documentados de prueba y error. Pero de modo creciente se trata de conocimiento científico y tecnológico obtenido de modo sistemático. Para poner a prueba sus hipótesis en experimentos diseñados con criterios rigurosos, los investigadores en ciencias agropecuarias, igual que los de otras ciencias, utilizan tanto las ideas, los marcos de referencia y las técnicas propios de sus disciplinas, como también los de otros campos del conocimiento. El creciente peso del asesoramiento profesional en las decisiones empresarias, 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 en la producción agropecuaria.

Investigación agropecuaria

En correspondencia con la diversidad de las actividades agropecuarias, existe una constelación de disciplinas reunidas bajo la denominación de ciencias agropecuarias, que también tiene claros elementos centrales y límites difusos. Por ejemplo, estudiar los efectos de la densidad de siembra sobre la forma que toman las plantas de trigo pertenece al núcleo central de esas ciencias. Por comparación con tal estudio, investigar ciertas formas mutantes (carentes de la batería de pigmentos que les permiten detectar la proximidad de sus vecinas) de la planta *Arabidopsis thaliana*, que es diminuta y sin utilidad productiva, está en la periferia de dichas ciencias. Sin embargo, para quienes estudian la densidad de siembra del trigo resultan útiles las investigaciones sobre *Arabidopsis*. De esta manera, el concepto de ciencias agropecuarias se extiende hasta abarcar el conjunto de las investigaciones de interés directo para los científicos que se ocupan de la producción primaria de alimentos, maderas y fibras.

En la Argentina, una parte importante de la investigación científica y tecnológica en ciencias agropecuarias se lleva adelante en el INTA, las facultades de agronomía de las universidades nacionales y algunos institutos de investigación del CONICET dedicados al tema. Llamaremos a este grupo las instituciones centrales de la investigación agronómica. Otra parte se lleva a cabo en facultades no agronómicas de las universidades nacionales (veterinaria, biología, farmacia, química, etc.), en institutos del CONICET dedicados a otros temas, en organismos públicos provinciales y en entidades privadas. Es escasa la producción científica y tecnológica en ciencias agropecuarias que proviene de universidades privadas. Algunas entidades proveen fondos pero no ejecutan investigación, principalmente la ANPCYT, el CONICET en su carácter de dispensador de subsidios para investigar y la fundación Antorchas.

Evaluación de la investigación

Evaluar la cantidad y calidad de la producción científica y tecnológica de un país permite diseñar políticas sobre bases relativamente sólidas. Para realizar esa evaluación, se pueden considerar recursos asignados, publicación de trabajos, desarrollo de tecnología, formación de personal calificado,

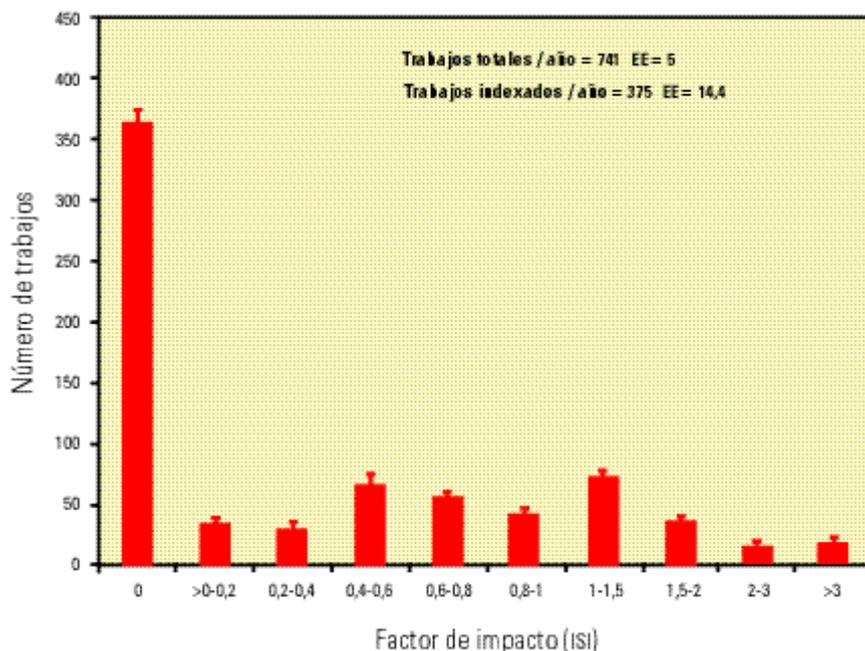


Figura 1. Producción anual de trabajos en ciencias agropecuarias (1996-1998) clasificados según el factor de impacto de la revista (isi). En la categoría 0 se incluyen los trabajos aparecidos en revistas no indexadas por el ISI. EE es el error estándar de la producción total entre los tres años. Las barras de error sobre cada barra de datos muestran el error estándar entre años por clase de factor de impacto. Nótese que los intervalos de clase son variables.

etc. A nuestro entender, el esfuerzo argentino de investigación en ciencias agropecuarias no ha sido evaluado objetivamente. Se carece por ello de información sobre cuánto conocimiento se produce, no solo el que se publica en las revistas de más prestigio y circulación sino, también, el que aparece en innumerables órganos de menor rango, tanto argentinos como extranjeros. Tampoco se sabe cómo se distribuye esa producción intelectual por instituciones y áreas temáticas, ni cómo se distribuyen los recursos para realizar las investigaciones. Y sobre todo, se carece de los datos que permitan hacer un diagnóstico y proponer mejoras sobre bases ciertas. En este documento, intentaremos: (i) evaluar de manera cuantitativa la magnitud y calidad de la investigación agropecuaria en la Argentina; (b) examinar los recursos humanos y financieros dedicados a ella, y (c) analizar la distribución institucional, geográfica y temática de ambas cosas.

Método del estudio

Para llevar adelante el análisis, usamos dos bases de datos que registran trabajos publicados en todo el mundo sobre la mayoría de los aspectos de las ciencias agropecuarias: CAB International y AGRIS (FAO). Haberlas elegido implica que aceptamos la definición de producción científica en dichas ciencias que aplican reconocidos agentes externos al país, los cuales, desde hace muchos años, seleccionan lo que creen adecuado del material publicado e informan de su existencia a la comunidad científica internacional. (Véase el recuadro '¿Cómo estimar la cantidad y calidad de la producción científica y tecnológica? Bases de datos bibliográficas y factor de impacto'.)

Sobre la base de los registros contenidos en esas bases, definimos el conjunto de trabajos publicados entre 1996 y 1998 cuyo primer autor indicó que trabajaba en la Argentina.

Este análisis de tres años se asemeja más a una fotografía instantánea que a un relato temporal. El último de esos años fue el más reciente que estaba completo al comenzar el trabajo, y no fuimos más atrás de 1996 para evitar que la información a analizar creciera por encima de lo manejable con nuestros recursos. No quedó incluida la producción de argentinos como colaboradores de autores extranjeros, aunque sí lo inverso. También excluimos trabajos sobre alimentación o enfermedades humanas (plagas y dolencias en el ambiente rural, toxicidad de alimentos, etc.), lo mismo que otros acerca de acuicultura y veterinaria no directamente relacionados con la producción pecuaria. Igualmente quedaron fuera del análisis las actas y resúmenes de congresos (lo que contienen se suele publicar después en revistas), capítulos de libros (esas bases los cubren muy parcialmente) e informes técnicos (no son comparables por la cantidad y calidad de la información que contienen con un artículo científico y, en última instancia, también pueden ser publicados más tarde en revistas).

Para calificar la calidad de los trabajos, asignamos a cada artículo el llamado 'factor de impacto' de la revista en la que estaba publicado. Este es difundido por el *Institute of Scientific Information*, que confecciona el *Science Citation Index*. Asignamos factor de impacto cero a revistas no registradas por el ISI (en jerga, revistas *no indexadas*). Este procedimiento tiene ventajas y desventajas, que se resumen en el recuadro mencionado. También relevamos información sobre los recursos humanos y financieros de las tres instituciones mencionadas que realizan el grueso de la investigación agropecuaria argentina, obtenida de publicaciones oficiales, comunicaciones personales, páginas de Internet y el presupuesto nacional, más algunas estimaciones que se indicarán al presentar los resultados.

Con esos datos analizamos cinco cuestiones: (i) la cantidad y calidad del conjunto de la producción científica y tec-

Tabla 1. Número medio anual de trabajos publicados por investigadores argentinos en revistas periódicas de ciencias agropecuarias en el período 1996-1998, según el tipo de institución en que se desempeñaban y el tipo de revista en que publicaron. Por instituciones centrales de investigación agronómica se entiende al INTA, las facultades de agronomía de las universidades nacionales y los institutos del CONICET dedicados a las disciplinas agronómicas.

	Instituciones centrales de investigación agronómica	Instituciones no centrales de investigación agronómica	Todas las instituciones
Trabajos no indexados	217	149	366
Trabajos indexados	159	216	375
Todos los trabajos	376	365	741

nológica argentina en ciencias agropecuarias; (ii) la de las tres grandes instituciones agronómicas (INTA, facultades de agronomía e institutos agronómicos del CONICET); (iii) la distribución disciplinaria de la investigación agropecuaria; (iv) los recursos financieros y humanos dedicados a dicha investigación por las instituciones especializadas en ella, y (v) la magnitud y distribución de los recursos en comparación con la producción científica. Presentamos los datos monetarios en pesos, equivalentes a dólares pues durante el período en cuestión rigió la llamada convertibilidad del peso con relación al dólar a la paridad 1:1.

Producción científica y tecnológica

La producción media anual argentina de artículos agronómicos en el período 1996-1998, como se aprecia en la tabla 1, fue de 741 trabajos, de los que 366 por año, o casi el 50%, fue publicado en revistas no indexadas por el ISI, tanto nacionales como extranjeras. Por otra parte, esos 741 trabajos fueron generados por partes casi iguales por las instituciones centrales de la investigación agronómica y por las no centrales o periféricas (376 y 365 respectivamente). La mayoría de los artículos publicados en revistas indexadas salió en aquellas con factor de

¿Cómo estimar la cantidad y calidad de la producción científica y tecnológica?

Bases de datos bibliográficas y factor de impacto

Un supuesto central sobre el que se apoya el análisis explicado en este informe –lo mismo que muchos estudios acerca del estado de las ciencias agropecuarias u otras disciplinas realizados en diferentes lugares del mundo– es que la producción científica y tecnológica se traduce en artículos publicados en determinadas clases de revistas o *journals* de aparición periódica. Se trata de aquellas revistas que, en mayor o menor medida, someten los trabajos que reciben para publicar a evaluación y crítica previas y anónimas por parte de árbitros independientes y ajenos a los editores: es lo que en la jerga se llama revistas *con referato* (neologismo que traduce la expresión *refereed journals*). Por lo tanto, lo que aparece en esas revistas permite evaluar el estado de la producción reconocida de una disciplina. Concordeamente, nuestro análisis no tomó en cuenta resultados de investigación que no alcanzaron el estado final de un artículo en una revista de la clase indicada, aunque hubiesen sido dados a conocer mediante, por ejemplo, informes institucionales, gacetillas o resúmenes de congresos, ya que tales materiales no pasan por un proceso de evaluación y crítica independientes antes de ser hechos públicos. Por igual razón tampoco consideramos resultados que aparecen en publicaciones llamadas ‘de archivo’, como inventarios de flora o mapas de suelos o vegetación, o aquellos que resultan en productos físicos o patentes (una nueva variedad de trigo o un nuevo dispositivo).

Existen varios servicios que recopilan sistemáticamente información sobre artículos publicados en revistas periódicas más o menos reconocidas y la ponen a disposición de los interesa-

dos (a título oneroso o gratuito, según el caso). Algunos (como el *Institute for Scientific Information* o ISI, una entidad domiciliada en Philadelphia) son muy selectivos y solo relevan lo aparecido en revistas de amplia circulación y con estrictos procesos de referato; otros, que reúnen mayor cantidad de referencias, registran trabajos salidos incluso en revistas de circulación muy limitada y referato más laxo o sin este. Inicialmente recurrimos a este segundo tipo de recopilación para establecer la cantidad de trabajos de las características descritas producidos en la Argentina. Una de esas recopilaciones es la del CAB (CAB International), que dio lugar a una extensa base de datos bibliográficos especialmente orientados a las ciencias agropecuarias. Otra es la base AGRIS de la FAO, que incluye información agropecuaria de muy diverso origen geográfico y amplia variedad temática. Medir la producción científica con estas varas tiene la virtud de la objetividad, pues pone en manos de entidades internacionales la decisión de qué material recopilar. Por otra parte, ambas bases constituyen la mayor recopilación existente de información publicada en ciencias agropecuarias. Alguien interesado en un tema particular tendría la máxima probabilidad de hallar información si la buscara allí. Por ello nos pareció razonable usar esas bases para nuestro propósito, pero, a modo de verificación, enviamos a una docena de investigadores del país la lista de su producción científica tomada de las mencionadas bases y todos contestaron que reflejaba satisfactoriamente su trabajo. Se pudo advertir que solo quedaron afuera artículos publicados en revistas extranjeras de muy limitada circulación (es decir, extran-

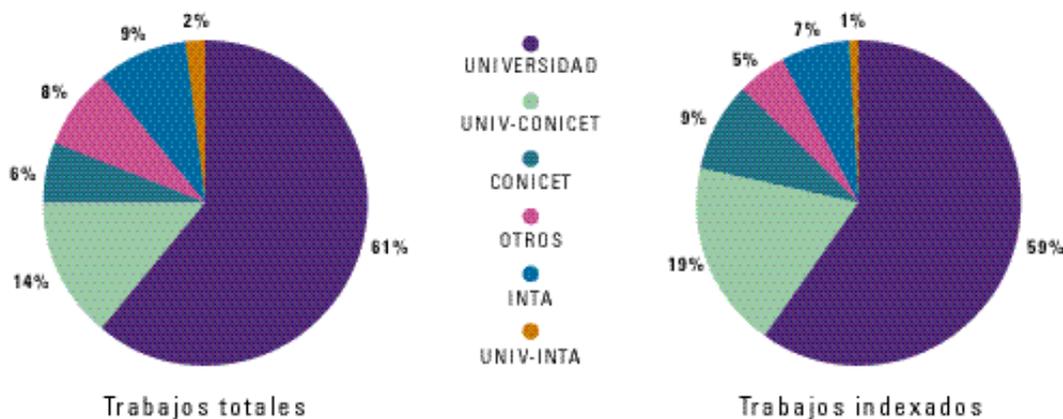


Figura 2. Distribución de los trabajos publicados entre 1996 y 1998 por todas las instituciones. Total de trabajos publicados en tres años: 2223 (741 por año en promedio); trabajos indexados por el ISI publicados en tres años: 1098 (366 por año en promedio). Los trabajos provenientes de la interacción entre una universidad nacional y el INTA o el CONICET corresponden, por ejemplo, a la unidad integrada de Balcarce, que une a la UNMDP con la estación experimental Balcarce del INTA, o al CERZOS, un instituto mixto de la Universidad del Sur y el CONICET. Otros incluye principalmente organismos provinciales y privados.

impacto entre 0,4 y 1,5 (figura 1). Las universidades nacionales, por sí solas y asociadas con unidades del CONICET o del INTA, fueron el origen del 77% de todos los trabajos, y del 79% de los indexados por el ISI (figura 2). En la producción de institutos del CONICET predominó la realizada con universidades, mientras que en la del INTA ese tipo de asociación fue minoritario.

El conjunto de instituciones públicas provinciales y de entidades privadas aportó menos del 10% de los trabajos: en ese grupo, el aporte de las universidades privadas no alcanzó al 0,4% del total. Considerando solo los trabajos aparecidos en revistas indexadas, la proporción de los realizados en colaboración por investigadores de la universidad y del CONICET o solo por

teras pero no internacionales) o en órganos de divulgación como CIENCIA HOY. Así, el texto que usted está leyendo –publicado en dicha revista y puesto en circulación bajo la forma de una separata– probablemente no sea incorporado a esas bases.

Con lo anterior queda resuelta la cuestión de saber qué cantidad de ciencia se produjo. ¿Cómo establecer la calidad de esa ciencia? En otras palabras, ¿cómo se determina la calidad de un artículo y de la investigación que lo produjo? Una manera indirecta de hacerlo, que también permite llegar a una medida numérica, es analizar la suerte que corrió el trabajo luego de publicado, en particular, registrar la frecuencia con que otros autores lo citaron. Esto supone aceptar que, una vez que la comunidad tomó conocimiento de un trabajo, lo citará en posteriores artículos con una frecuencia que guarda cierta proporción con la importancia de su contribución al conocimiento. Trabajos que se caractericen por su originalidad, la corrección de los métodos, la claridad de los argumentos, etc., serán citados con mayor frecuencia que los desprovistos de esas virtudes. Es fácil imaginar, sin embargo, posibles excepciones (excelentes trabajos publicados en idiomas poco difundidos, trabajos erróneos frecuentemente citados como para mostrar tal carácter, etc.). Pero, en términos generales, se puede aceptar que existe una correlación, imperfecta pero significativa, entre la calidad de los trabajos y la frecuencia con que son posteriormente citados.

El mencionado ISI registra las citas que aparecen en un grupo de unas 5000 revistas científicas, supuestamente las de mayor circulación entre la comunidad científica internacional. Da a conocer esos datos con el título *Science Citation Index* (Índice de Citas Científicas). Pero si bien el número de otros artículos que citan un artículo determinado puede considerarse una medida de su calidad, los trabajos son citados durante muchos años, por lo que habría que dejar pasar un largo tiempo para evaluar acaba-

damente dicha calidad. Para obtener una evaluación rápida, aunque menos fiel, se suele recurrir al número de citas promedio que reciben los trabajos de la revista en que fue publicado. Ese número ha pasado a ser conocido por el nombre de *factor de impacto* de la revista en un año dado: se calcula como una fracción que tiene en el numerador la cantidad de citas que recibieron ese año, en revistas indexadas de todo el mundo, los artículos publicados en la revista en cuestión durante los dos años anteriores, y en el denominador, la cantidad de artículos publicados durante ese bienio por la revista analizada. El factor de impacto es un indicador de las características de la revista, no de un trabajo particular. Mide, en todo caso, la calidad media de los artículos que saca esa revista. Es sensible al tamaño de la comunidad científica que trabaja en determinada área temática: a igualdad de otras circunstancias, revistas que se ocupan de disciplinas más cultivadas (como medicina), publican artículos que reciben más citas (por comparación con las que tratan disciplinas menos populares). De hecho, ciertas revistas resultan excluidas de la base de datos del ISI por ser muy estrecho su interés disciplinario y no por publicar trabajos de poca calidad u originalidad.

Teniendo en cuenta las ventajas y limitaciones del factor de impacto como indicador de calidad, en nuestra evaluación de la producción científica agropecuaria argentina adoptamos un enfoque doble. Para incluir el mayor número de trabajos, comenzamos con las bases de datos CABI y AGRIS en lugar de la del ISI. Pero para analizar los trabajos sometidos a una evaluación de calidad tomamos los salidos en revistas indexadas por el ISI. El lector encontrará entonces dos aproximaciones paralelas, una más amplia que incluye prácticamente todo lo publicado en revistas periódicas y otra más restringida que incluye lo publicado en el más pequeño grupo de revistas tenidas en mayor estima por la comunidad académica nacional e internacional.

Inversión en investigación por el INTA y las universidades

Como la mayor parte del presupuesto de estas instituciones se aplica a salarios, la mayor dificultad para estimar lo que asignan a investigación reside en determinar qué porcentaje de su gasto en personal remuneraría esa clase de tareas. En las universidades nacionales, la dedicación de los docentes cae en alguna de tres categorías: dedicación exclusiva (40 horas/semana), de tiempo completo (20 horas/semana) y parcial (12 horas/semana). Por lo general, las tres categorías tienen los mismos requisitos de tiempo asignado a la docencia (aquí tomamos 12 horas/semana). A partir del número total de docentes en cada régimen de dedicación, puede concluirse que el 56% de lo gastado en salarios académicos remunera su actividad en investigación, como lo indica la tabla. Este razonamiento supone que otras actividades realizadas por los docentes (administración, gestión, extensión) les toman un tiempo proporcional al que les insumen la docencia y la investigación. Trasladar ese 56% al presupuesto global supone además que los gastos en personal no docente y de funcionamiento se asignan en forma proporcional a la docencia y la investigación.

Gastos de las facultades de agronomía de universidades nacionales en la investigación realizada por sus docentes:

Categoría de dedicación	Número de docentes	Nivel salarial relativo	Relación entre salarios totales	Relación entre salarios para investigación
Exclusiva	1463	1,0	1463,0	1024,1
Completa	1075	0,3	322,5	64,5
Simple	1577	0,1	157,7	—
TOTAL	4115		1943,2	1088,6

Para el INTA, no se tienen datos tan detallados como para realizar una discriminación similar entre el personal de investigación y el de extensión. Un análisis preliminar, realizado consultando las páginas de Internet de siete estaciones experimentales (una por región) indicó que 43% del personal profesional es denominado 'extensionista'. El resto, o el 57%, se puede considerar investigador, aunque también se espera que realice extensión. Suponiendo que los tiempos de trabajo se asignaran a ambas actividades en la misma proporción que un académico *full-time* en la universidad divide el suyo entre docencia e investigación (70% a investigación, 30% a extensión), el 40% de los salarios del INTA estaría destinado a investigación y el 60% a extensión (ello presume que los salarios administrativos y de mantenimiento se asignan en la misma proporción).

integrantes del CONICET fue ligeramente mayor que en el conjunto total de trabajos.

Entre las revistas no indexadas, las más frecuentes fueron las publicadas por algunas facultades de agronomía o por las asociaciones nacionales de ciencias del suelo y de producción animal. Una proporción alta de trabajos salidos en revistas no indexadas (30%) fue publicada en casi 100 revistas, de suerte que en cada una apareció menos del 1% de ellos. La producción en revistas indexadas estuvo igualmente atomizada: el 50% de los trabajos se publicó en 138 revistas que, individualmente, también recibieron menos del 1% de los trabajos (tabla II). A menudo se discute si la clase de revista –indexada o no– tiene consecuencias sobre la accesibilidad de los trabajos para el lector nacional. En la biblioteca de la FAUBA, un lector hallaría aproximadamente el 70% de los trabajos aparecidos en revistas no indexadas y el 60% de los salidos en órganos indexados. En otras palabras, publicar en revistas no indexadas no facilita marcadamente el acceso, ni hacerlo en las indexadas es garantía de accesibilidad. Resulta aconsejable, desde ese punto de vista, publicar en las más leídas y evitar, por ejemplo, las no indexadas extranjeras de baja circulación, así como las indexadas de bajo factor de impacto y las temáticamente periféricas.

Instituciones centrales

La producción media anual de las tres instituciones centrales de investigación agronómica para el mismo período fue de 376 trabajos, es decir, aproximadamente la mitad de la producción total. De ellos, 217, es decir casi el 60% fue publicado en revistas no indexadas por el ISI, nacionales como extranjeras. Ello indica que las instituciones centrales tuvieron menor tendencia que las periféricas a enviar su investigación a revistas indexadas. La mayoría de los trabajos originados en las instituciones centrales publicados en revistas indexadas apareció en aquellas con factor de impacto entre 0,4 y 0,8 (figura 3). Las universidades nacionales, por sí solas y asociadas con unidades del CONICET o del INTA, fueron el origen del 78% de todos los trabajos publicados por las instituciones centrales, y del 74% de los indexados por el ISI (figura 4). Las facultades de agronomía de las universidades nacionales contribuyeron, por sí solas, con el 57% del total de trabajos y el 46% de los aparecidos en órganos indexados. Los institutos específicos del CONICET dieron individualmente origen a menos del 10% de los trabajos, pero su interacción con universidades nacionales produjo el 16% del total de trabajos y el 25% de los indexados. Muchos investigadores y

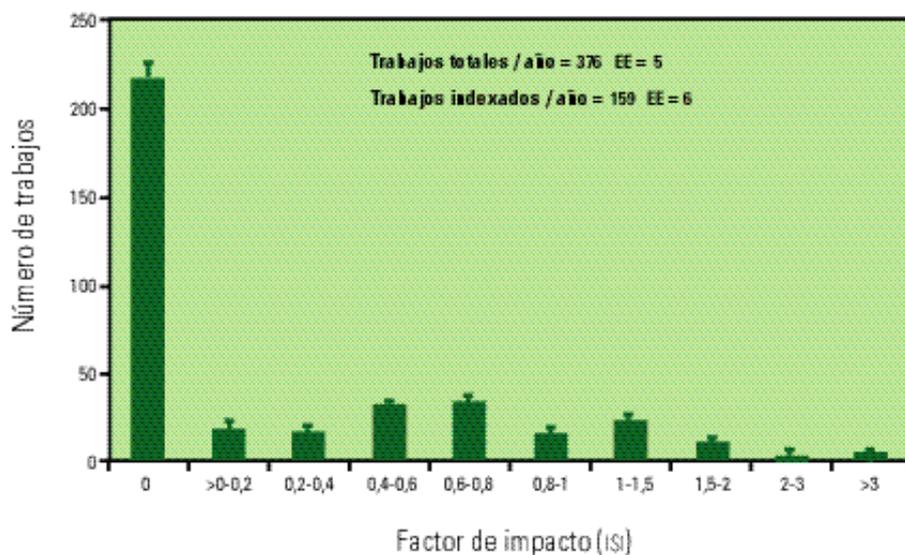


Figura 3. Producción anual de trabajos en ciencias agropecuarias (1996-1998) de las tres instituciones centrales de investigación. Demás referencias, como en la figura 1.

becarios del CONICET, sin embargo, trabajan en universidades y no pertenecen a un instituto, por lo que la contribución de esa entidad a la investigación agronómica es mayor de lo que sugieren las cifras citadas. Por su lado, el INTA contribu-

yó con el 22% de todos los trabajos publicados por las instituciones centrales, incluyendo su interacción con universidades. Esa participación relativa disminuyó levemente (al 20%) en los trabajos aparecidos en revistas indexadas.

De las facultades de agronomía de universidades nacionales, cuatro (las de la UBA, la UNLP, la UNSUR y la UNMDP) contribuyeron con el 65% de los trabajos y cerca del 75% de los indexados (figura 5). Una facultad, la FAUBA, contribuyó con más del 30% de los trabajos totales y del 40% de los indexados. Una distribución tan concentrada contrasta con la de Australia, país cuya problemática agropecuaria no es muy diferente de la argentina. Allí, el 40% de los trabajos indexados producidos

Tabla II. Revistas periódicas más utilizadas por investigadores de las instituciones centrales de investigación agronómica en el período 1996-1998. Las columnas de porcentaje indican la proporción de artículos publicados en cada revista con respecto al total en su categoría de publicaciones (indexadas y no indexadas). Excluyen revistas con menos de 0,9% de los trabajos.

Revistas no indexadas por el ISI	%	Revistas indexadas por el ISI	%
Revista de la FAGR, UBA	15,5	<i>Journal of Arid Environments</i>	6,7
<i>Ciencia del suelo</i>	10,3	<i>Phyton</i>	4,8
<i>Revista argentina de producción animal</i>	6,5	<i>Field Crops Research</i>	3,8
Revista de la FCAGR, UNCuyo	6,0	<i>Plant Disease</i>	2,7
Revista de la FAGR, UNLP	5,4	<i>Journal of Range Management</i>	2,5
<i>Fitopatología</i>	3,8	<i>Comm. Soil Science & Plant Analysis</i>	2,3
<i>Horticultura argentina</i>	3,5	<i>Crop Science</i>	2,1
<i>AgroCiencia</i>	3,2	<i>Annals of Botany</i>	1,9
<i>Maize Genetics Cooperation Newsletter</i>	3,2	<i>Cereal Research Communications</i>	1,9
<i>AgriScientia</i> (FAGR, UNCba)	2,6	<i>Pesquisa Agropecuaria Brasileira</i>	1,7
<i>Boletín de sanidad vegetal y plagas</i>	2,0	<i>Plant Breeding</i>	1,7
<i>Avances en horticultura</i>	1,8	<i>Animal Science</i>	1,5
<i>Agricultura técnica</i>	1,1	<i>Euphytica</i>	1,5
<i>Avance agroindustrial</i>	0,9	<i>Physiologia Plantarum</i>	1,5
<i>Campo y tecnología</i>	0,9	<i>Archivos de Medicina Veterinaria</i>	1,3
<i>Cytologia</i>	0,9	<i>Arid Soil Research & Rehabilitation</i>	1,3
<i>Helia</i>	0,9	<i>Journal of Plant Nutrition</i>	1,3
<i>Investigación agraria</i> (sanidad animal)	0,9	<i>Plant Physiology</i>	1,3
Revista de la FAGR, UNLPampa	0,9	<i>Weed Science</i>	1,3
		<i>Agrochimica</i>	1,0
		<i>Forest Ecology & Management</i>	1,0
		<i>Journal of Experimental Botany</i>	1,0
		<i>Oecologia</i>	1,0
		<i>Plant & Soil</i>	1,0
		<i>Seed Science Research</i>	1,0

Tabla III. Distribución porcentual por subdisciplina de los trabajos publicados por investigadores argentinos en ciencias agropecuarias entre 1996 y 1998. La clasificación disciplinaria fue realizada por los autores a partir de las muchas más específicas de las bases de datos de origen (CABI O AGRIS).

SUBDISCIPLINA	Todas las instituciones		Instituciones centrales	
	TRABAJOS TOTALES	TRABAJOS INDEXADOS	TRABAJOS TOTALES	TRABAJOS INDEXADOS
Ecología, fisiología, bioquímica y biología molecular vegetal	19,2	26,0	18,4	28,5
Sanidad vegetal	20,3	15,5	17,5	13,6
Producción vegetal	18,0	14,3	24,4	21,4
Ecología, fisiología, bioquímica y biología molecular animal	9,2	11,1	5,7	5,7
Genética y mejoramiento vegetal	8,4	8,4	11,9	14,3
Tecnología de fibra y alimentos	5,0	7,8	1,2	0,8
Ciencias del suelo	8,3	7,4	11,5	9,6
Producción animal	3,7	2,0	2,3	0,8
Impacto ambiental	1,4	2,0	1,1	1,3
Genética y mejoramiento animal	1,8	1,8	1,3	1,7
Clima y ambiente	1,0	0,9	1,3	1,0
Equipamiento y maquinaria agrícola	0,9	0,4	1,3	0,2
Economía agraria	0,9	0,4	1,2	0,4
Otras	1,8	2,1	1,0	0,6

por el sistema universitario fue generado por cuatro universidades, el 75% por diez, y la universidad que más produjo aportó menos del 11% de los trabajos.

En el INTA también se observó una gran concentración en pocas unidades: cuatro de estas (Castelar, Balcarce, IFFIVE y Bariloche) originaron casi el 70% de los trabajos y el 75% de los indexados (figura 6). De Castelar salió un tercio de las publicaciones indexadas del INTA. Si se dejan de lado las 8 unidades más productivas, 25 estaciones experimentales produjeron en conjunto el 23% de las publicaciones y el 10% de las indexadas, aunque cada una solo haya tenido una pequeña contribución.

Espectro disciplinario

Las disciplinas que recibieron mayor atención fueron biología de plantas, sanidad vegetal, producción vegetal y biología animal, las que concentraron cerca del 70% de las in-

vestigaciones publicadas (tabla III). Las que recibieron menor atención fueron las vinculadas con equipamiento y maquinaria agrícola, ambiente y clima, economía agraria y producción animal. Si se considera el conjunto de todas las instituciones que hacen investigación agronómica y se las compara con las que hemos llamado centrales, nuestras cifras revelaron un interés semejante por las distintas disciplinas. Las pocas diferencias destacables fueron la tecnología de fibras y alimentos, comparativamente poco atendida por las instituciones centrales, y la genética vegetal y las ciencias del suelo, comparativamente más concentradas en ellas.

En el conjunto de los trabajos, la distribución de áreas disciplinarias no fue marcadamente diferente de la observada en Australia. En ambos países predominan los estudios de plantas por sobre los de animales, y de los biológicos por sobre los económicos o los relacionados con el equipamiento. Sin embargo, en los trabajos aparecidos en revistas indexadas, en Australia no existe el gran predominio de ecología, fisiología, bioquímica y biología molecular de plantas que se obser-

RUBRO	INTA	UNIVERSIDADES	CONICET	ANPCyT	TOTAL
Salarios	84,9	80,0	5,1	-	170,0
Gastos de funcionamiento	17,4	6,0	0,3	-	23,7
Subsidios	1,7	3,0	0,2	9,8	14,7
Administración central	—	2,9	0,5	-	3,4
TOTAL	104,0	91,9	6,1	9,8	211,8

Tabla IV. Presupuesto anual (2001) de las instituciones vinculadas con la investigación agropecuaria, en millones de pesos.

va en la Argentina. Allí, la producción vegetal es la subdisciplina más representada, seguida de sanidad vegetal y solo en tercer lugar de ecología, fisiología, bioquímica y biología molecular de plantas, con el 14% de los trabajos, en contraste con el 25% en la Argentina. Es probable que este sesgo de la Argentina se deba al desarrollo espontáneo de grupos de investigación de mayor tradición en esas áreas disciplinarias. Tanto en los trabajos totales como en los indexados, en Australia tuvieron más peso que en la Argentina la biología animal y la genética y mejoramiento vegetales.

Recursos humanos y financieros

Según nuestra estimación, en el lapso abarcado por el estudio la Argentina asignó anualmente unos 212 millones de pesos a la investigación, la formación profesional y la extensión en ciencias agropecuarias (tabla IV). Un 49% de ese presupuesto anual correspondió a investigación y extensión realizadas por el INTA, mientras que un 43% correspondió a investigación y educación llevada a cabo por las universidades nacionales. Un 3% correspondió a investigación ejecutada por el CONICET. Un 5% se financió con subsidios para investigación y desarrollo aportados por la ANPCYT. Entre un 80% y un 85% de los presupuestos de las tres instituciones centrales se asignó al pago de salarios.

Debido a que el INTA y las universidades nacionales no están exclusivamente orientados a la investigación (el INTA tiene una fuerte actividad de extensión y las universidades de capacitación profesional), es difícil conocer qué esfuerzo dedicaron a la primera. Ello se intenta estimar en el recuadro 'Inversión en investigación por el INTA y las universidades', donde se llega a la conclusión de que la inversión específica

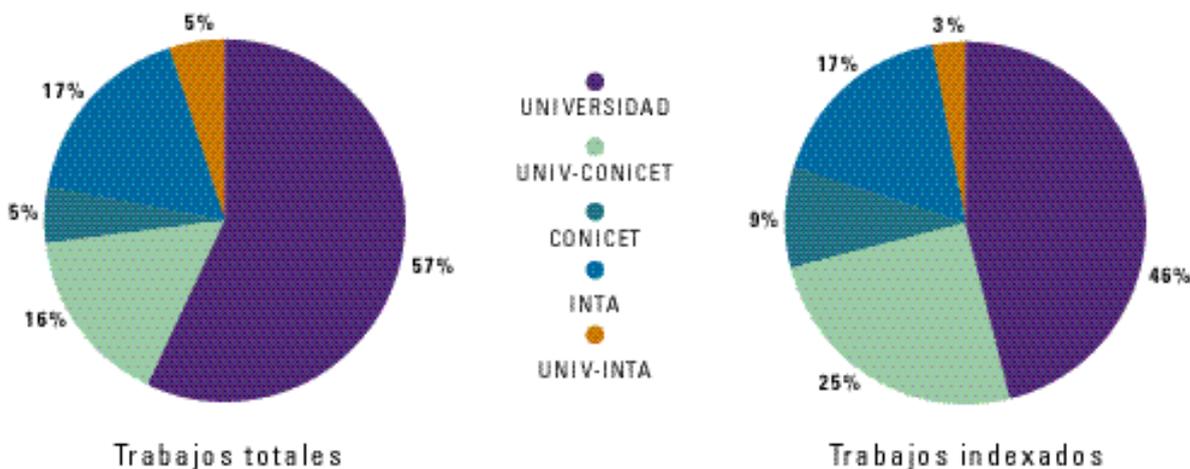
en investigación agronómica de las tres instituciones centrales sería de unos \$103 millones anuales, un 0,5% del valor del PBI agropecuario. La distribución de ese presupuesto sería el 41% por el INTA, el 52% por las universidades nacionales y el 7% por el CONICET.

Productividad

Aceptando que los trabajos publicados en revistas científicas proporcionan una medida razonable de la investigación científica y tecnológica, es posible realizar una primera estimación de eficiencia (producción / insumos) relacionando la cantidad de artículos con el costo de la investigación, tanto para el conjunto del sistema como para alguna de sus partes. Por cada trabajo publicado, de cualquier calidad, el sistema gastó unos 270.000 pesos. Si se relaciona el gasto total solo con lo publicado en revistas indexadas por el ISI, el gasto por trabajo fue de 680.000 pesos. Como es obvio, el costo directo de un trabajo de investigación es en promedio considerablemente menor. Si en lugar del costo económico se considera la cantidad de investigadores, cada uno produce, en promedio, un trabajo del que es primer autor cada cinco años, o cada doce años si solo se consideran los trabajos indexados por el ISI (el primer autor, en estas disciplinas, se considera el responsable principal del estudio).

Existen en el sistema diversas disparidades entre la distribución de los productos y la de los recursos. Por ejemplo, entre las tres grandes instituciones (figura 4 y tabla III). Algo similar se observa en una de esas instituciones, las universidades nacionales. La relación entre la producción de cada facultad de agronomía y el tamaño de su dotación docente muestra que algunas producen mucho más eficientemente que otras (figura 7). Solo cinco facultades producen más de cinco trabajos indexados por año y más de 0,05 trabajos indexados por académico (equivalente *full-time*), y lo hacen con dotaciones docentes muy diferentes. Reduciendo la escala del análisis, dentro de la FAUBA también se observa una

Figura 4. Distribución de los trabajos publicados entre 1996 y 1998 por las instituciones centrales de la investigación agronómica. Demás referencias como en la figura 2.



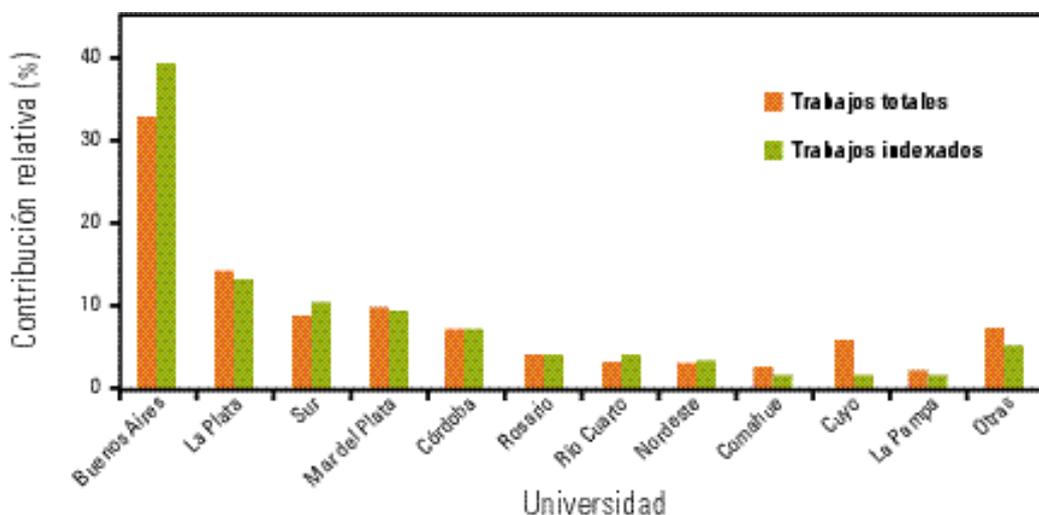
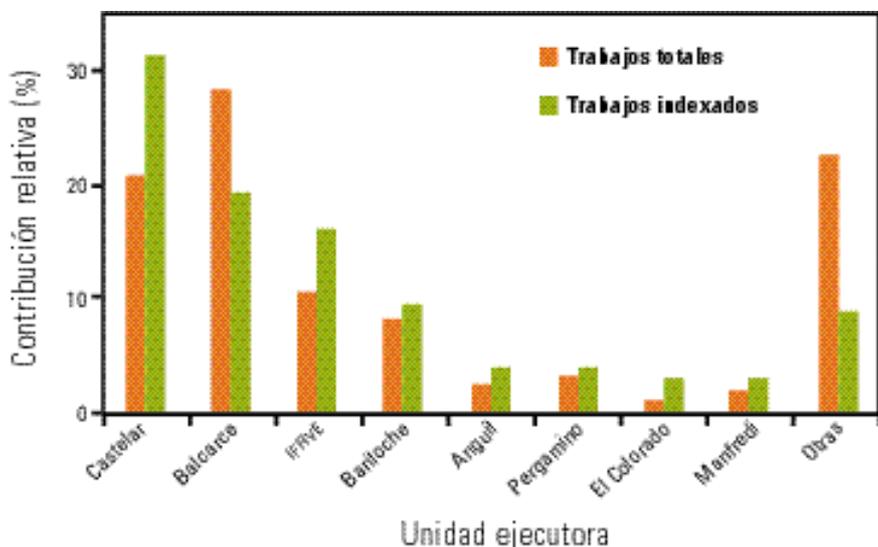


Figura 5. Contribución relativa de las facultades de agronomía al número de trabajos publicados por las universidades nacionales entre 1996 y 1998. Total de trabajos publicados por esas instituciones en tres años: 879 (293 por año en promedio); trabajos indexados por el ISI publicados en tres años: 351 (117 por año en promedio). En *Otras* se incluyeron a las facultades en las que se originó menos del 1,2% de los trabajos indexados.

distribución dispar de producción y recursos entre las unidades que la componen (figura 7). Solo cinco cátedras superan los cinco trabajos indexados por año y los 0,7 trabajos por investigador (equivalente *full-time*). El 82% de los trabajos indexados que se publican anualmente en esa facultad es obra de esas cinco cátedras, que en conjunto tienen el 26% del personal académico (siempre equivalente *full-time*). Por otra parte, dichos trabajos conforman el 33% de la producción científica indexada de las facultades de agronomía de las universidades nacionales. Ello sugiere que la mayor parte de la producción de alto impacto se genera en unos pocos grupos de investigación comparativamente grandes (esas

cinco cátedras están entre las 10 mejor dotadas), que han alcanzado una alta capacidad productiva. Hay algunos indicios de que algo similar sucede en las otras facultades comparativamente eficientes. En la UNSUR, aproximadamente el 70% de la producción indexada corresponde al CERZOS. En la UNLP, casi la totalidad de la producción indexada es producida por el CIGEBA, el IFFIVE y dos grupos de fitopatología y cerealicultura. En la UNNORdeste, el IBONE es responsable de más del 90% de los trabajos indexados. Finalmente, en la UNMDP, la mayor parte de la producción indexada está concentrada en tres grupos, los de ecofisiología de cultivos, biología molecular y nutrición animal.

Figura 6. Contribución de las unidades ejecutoras del INTA al número de trabajos publicados por esa entidad entre 1996 y 1998. Total de trabajos publicados por esas unidades en tres años: 246 (82 por año en promedio); trabajos indexados por el ISI publicados en tres años: 93 (31 por año en promedio). En *Otras* se incluyeron las estaciones experimentales en las que se originó menos del 1,1% de los trabajos indexados.



El gasto en investigación agronómica con relación al producto bruto interno agropecuario es semejante al gasto en investigación en todas las disciplinas con relación al producto bruto interno global: en ambos casos alcanza al 0,5%. Esta proporción está muy por debajo de la que se observa en países desarrollados (Canadá, 1,5%; Estados Unidos, 2,7%), y también es inferior a la media de la observada en los países

iberoamericanos. Ello indica que la investigación agropecuaria argentina recibe pocos recursos, lo mismo que el resto de la investigación nacional, y que necesitaría crecer un 30% para hacerse comparable, en términos de inversión, con la de otros países de Iberoamérica.

En el sistema científico argentino se gastan 285.000 pesos por trabajo indexado, lo cual indicaría que las instituciones agronómicas (680.000 pesos por trabajo indexado) tienen una producción científica más cara, ya sea por la naturaleza de la actividad o porque son menos eficientes. El gasto por trabajo indexado en el conjunto de las ciencias es muy variable entre países. En los Estados Unidos se gasta cerca de un millón de dólares por trabajo, mientras que en España la cifra es algo más de

200.000. Es probable que, en parte, esas diferencias se deban a los métodos de cálculo usados y a la disponibilidad de información. Nuestro análisis muestra algunos componentes de esa disparidad: muchas facultades de agronomía y estaciones experimentales producen menos de un trabajo indexado por año, la producción de trabajos indexados por equivalente *full-time* es menor a 0,1 para la mayoría de las instituciones y el dinero promedio para funcionamiento con que cuenta cada investigador, descontado su salario, es muy bajo. Hemos llamado a esto 'componentes' y no 'causas' porque las relaciones de causalidad no son claras y porque la generalidad del patrón entre países y disciplinas sugiere que puede ser una condición inherente a la actividad.

De lo anterior se deduce que, para aumentar la producción, la política científica puede optar por incrementar los recursos asignados a la actividad o por elevar la eficiencia. Los aproximadamente 30 millones de pesos adicionales que el sistema necesitaría para contar proporcionalmente con los recursos de que disponen los países latinoamericanos que más invierten en investigación resultarían en aproximadamente 50 trabajos indexados más por año, si el sistema conservara la eficiencia actual. Pero un resultado similar se obtendría gastando 200.000 pesos menos por trabajo. Si se lograran ambas modificaciones, la producción del sistema aumentaría 80%.

Conclusiones

El análisis realizado hasta acá descansa sobre una serie de supuestos que hemos tratado de hacer explícitos y, posiblemente, sobre otros implícitos que no hemos advertido. Los artículos publicados como medida de la producción científica y tecnológica, y la indexación por el ISI como medida de su calidad, constituyen indicadores imperfectos pero, aun así, útiles. La selección de las bases de datos a utilizar ocasiona algunas deformaciones. Los datos institucionales que consignan los autores de trabajos (a los que ni estos ni las entidades en que se desempeñan parecen prestar mucha atención) suelen contener errores, lo mismo que las estimaciones de recursos económicos y humanos. Por ende nuestros análisis e interpretaciones son una primera aproximación sujeta a correcciones por parte del lector interesado. Para beneficio de este, hemos tratado de consignar de la

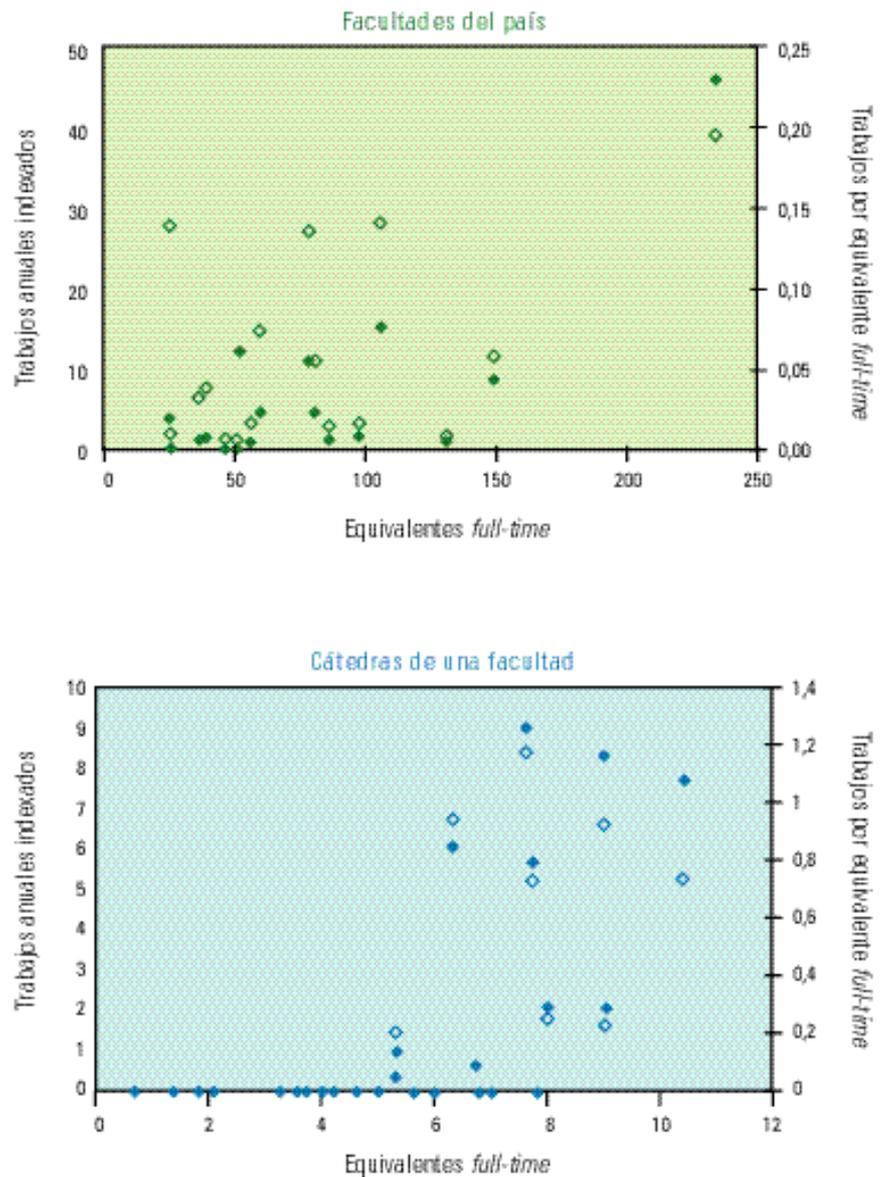


Figura 7. Arriba: producción anual de trabajos indexados (rombos llenos) y eficiencia de producción por equivalente *full-time* (rombos vacíos) de las facultades de agronomía en función de su dotación de equivalentes *full-time*. Abajo: producción anual de trabajos indexados (rombos llenos) y eficiencia de producción por equivalente *full-time* (rombos vacíos) de las cátedras de la FAUBA en función de su dotación de equivalentes *full-time*. Por equivalente *full-time* se entiende 28/40 de los docentes con dedicación exclusiva más 8/20 de los docentes con dedicación semiexclusiva.

manera más clara posible las bases de nuestros razonamientos y conclusiones. Con estas restricciones, la evaluación realizada proporciona fuertes fundamentos para sostener que:

- Más del 50% de los trabajos académicos en ciencias agropecuarias realizados en la Argentina se publican en revistas no indexadas, es decir, de poco pe-

so relativo en la comunidad internacional de la disciplina. Es probable que una parte de ellos sea intrascendente por la escasa relevancia de los problemas abordados o por deficiencias metodológicas. Pero muchos contienen resultados significativos para el medio local. De aquí se deduce que sería necesario que (i) los sistemas de arbitraje de las revistas nacionales más utilizadas sean de buena calidad, ya que por ellos pasa una parte considerable del producto de la investigación, y (ii) se reduzca la cantidad de trabajos que aparecen en revistas extranjeras no indexadas y de baja circulación, porque son de difícil acceso para la comunidad potencialmente interesada. Ambas iniciativas apuntan a tener menos revistas nacionales (que podrían resultar de fusiones de las existentes), más importantes en amplitud temática, con mayor circulación y, sobre todo, con un estricto control de calidad.

- La mitad de la producción argentina en ciencias agropecuarias proviene de instituciones académicas periféricas a la agronomía.
- Hay una altísima heterogeneidad entre y dentro de las instituciones en cuanto a nivel de producción y eficiencia. La producción de mayor calidad, publicada en revistas indexadas, está fuertemente concentrada en unos pocos grupos exitosos, albergados, a su vez, en unas pocas instituciones exitosas. Estas han sido, con frecuencia, el resultado de asociaciones de la universidad con el CONICET y por lo común realizan intensa tarea de educación de postgrado. La influencia de esos grupos sobre el conjunto del sistema es muy grande. Por ello sería importante estudiar cómo se formaron y cómo se mantienen, para favorecer procesos similares.
- El espectro disciplinario de la producción de mayor calidad en las ciencias agropecuarias argentinas refleja en mucha medida la historia de dichos grupos exitosos, los cuales demostraron una marcada propensión hacia las ciencias vegetales básicas. En términos relativos a Australia, para dar un ejemplo, el sistema argentino no produce suficiente investigación de calidad en áreas relacionadas con la biología y producción animales y con la sanidad vegetal.

- El sistema parece estar limitado tanto por la cantidad de recursos financieros que recibe como por la eficiencia de su uso. Ellos no guardan una buena relación con el producto bruto del sistema agropecuario, en comparación con países desarrollados o con vecinos como el Brasil, y la producción por investigador es baja. CH

La información utilizada en este trabajo se obtuvo principalmente de: Ministerio de Cultura y Educación, Secretaría de Políticas Universitarias, 1995, Estadísticas básicas de las universidades nacionales; Ministerio de Cultura y Educación, Secretaría de Ciencia y Tecnología, 1999, La investigación científica y tecnológica en Argentina. Diagnóstico e identificación de áreas de vacancia; Oficina de Industria y Economía de Australia, 1996, Australian science. Performance from published papers, Australian Government Publishing Service, Canberra, y Red de indicadores de ciencia y tecnología iberoamericana, en www.ricyt.org. María Dolores Cárcova, Hernán Trebino y Bettina Lythgoe colaboraron en la obtención de datos. Rodolfo Sánchez aportó valiosas sugerencias en distintas instancias de la labor.



Martín Oesterheld: ingeniero agrónomo; doctor en biología, *Syracuse University*; profesor asociado, FAUBA; investigador independiente del CONICET; vicedirector de la Escuela para Graduados *Alberto Soriano* (FAUBA) en el área de formación en la investigación. oesterheld@ifeva.edu.ar



María Semmartin: ingeniera agrónoma, *magister scientiae* en recursos naturales, FAUBA; jefa de trabajos prácticos, FAUBA; investigadora asistente del CONICET. semmartin@ifeva.edu.ar



Antonio Hall: ingeniero agrónomo; doctor en ciencias biológicas, *Macquarie University*, Australia; profesor titular, FAUBA. investigador principal del CONICET; director de la Escuela para Graduados *Alberto Soriano* (FAUBA). hall@ifeva.edu.ar

Lecturas sugeridas

- BAKER B, 2000, 'Assessing the quality of the us Department of Agriculture's Science', *BioScience*, 50:860.
- BLAKE R, FERERES E, HENZELL T y POWELL W, 2002, 'Las ciencias agropecuarias en la Argentina', *Ciencia Hoy*, 70:31-51.
- MAY RM, 1997, 'The scientific wealth of nations', *Science*, 275:793-796.
- QUESADA ALLUÉ LA y GITLIN DS, 1995, 'Scientific output in Argentina 1966-1983', *Scientometrics*, 34:27-35.