

2.1 LA INVESTIGACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS EN IBEROAMÉRICA SITUACIÓN ACTUAL Y TENDENCIAS

El presente informe ha sido elaborado a pedido de la RICYT por un equipo coordinado por el Lic. Rodolfo Barrere y contó con la colaboración de la Lic. María Guillermina D'Onofrio, la Lic. María Victoria Tignino, el Mg. Cristian Merlino y Lautaro Matas. Participaron también, en el asesoramiento científico y el análisis de los resultados de este estudio, la Dra. María Cristina Añón (CIDCA UNLP-CONICET), Dra Estela N. Martínez (CIDCA UNLP-CONICET) y el Dr. José Luis Martínez Vidal (Universidad de Almería). La provisión de las bases de datos utilizadas estuvo a cargo del Centro Argentino de Información Científica y Tecnológica (CAICYT-CONICET). Para el desarrollo del informe se ha contado con el apoyo del Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad del Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI y la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID).

RESUMEN

Este informe, elaborado a requerimiento del Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad del Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI, presenta un panorama detallado de la investigación científica y el desarrollo tecnológico en el área de ciencia y tecnología de alimentos en Iberoamérica. Se ha buscado también dar cuenta de las principales tendencias registradas a nivel mundial en esta temática y su impacto y correlato con lo observado a nivel regional.

Las fuentes de información utilizadas a tal fin han sido las publicaciones científicas registradas en la base de datos bibliométrica *Science Citation Index* y las patentes de invención tramitadas a través del convenio PCT. La identificación de estos registros se realizó bajo la supervisión de expertos regionales en este campo. Se trata de la misma metodología utilizada en estudios previos sobre la nanotecnología y la biotecnología, publicados en 2008 y 2009, respectivamente.

Este trabajo presenta un panorama general de la producción científica en ciencia y tecnología de alimentos a nivel mundial y regional, con un detallado acercamiento a los patrones de colaboración entre países. Se han aplicado para ello herramientas de análisis de redes que muestran patrones mundiales y particularidades regionales en la investigación colaborativa. Se abordan

también los principales temas estudiadas por los grupos de investigación de la región.

Posteriormente, se ofrecen detalles sobre la evolución de la producción de conocimiento de aplicación industrial a través de las patentes de invención. Este estudio incluye las tendencias a nivel mundial y regional, tanto en la titularidad como en la participación de inventores iberoamericanos. Dada la complejidad de este campo, el estudio incluye también un análisis detallado de los campos de aplicación de las patentes de la región y de los principales países que la integran.

Entre las evidencias obtenidas se destaca el importante nivel de especialización de algunos países de la región en esta temática. Ese fenómeno es muy claro en el caso español, que alcanza el segundo lugar en cuanto a volumen de publicaciones en 2009. A nivel latinoamericano, Argentina también presenta una marcada especialización en este tema, acorde a la importancia del sector a nivel nacional.

El panorama resulta muy diferente en el análisis de las patentes, donde los países iberoamericanos tienen una presencia mucho menor. En este trabajo se pueden ver varios indicios de la falta de consolidación del sistema productivo de alimentos a nivel regional, que no acompaña el creciente desarrollo de la investigación científica.

PRINCIPALES AFIRMACIONES

1. A nivel iberoamericano, la producción de alimentos ocupa un lugar clave en el desarrollo socioeconómico, con un peso notable en el PBI del conjunto de los países. Sin embargo, al igual que en tantos otros ámbitos del desarrollo en la región, existen fuertes desequilibrios.
2. La presencia de Iberoamérica en el SCI fue, para el período 2005-2009, de 12.106 documentos. Se trata del 2,7% del total de las publicaciones iberoamericanas registradas en esa base de datos, una proporción que duplica la observada para el total de la producción mundial en SCI.
3. A esta mayor presencia relativa de la temática se agrega que el crecimiento fue más fuerte en Iberoamérica que en el mundo: un aumento del 49%, el doble del crecimiento de la producción científica en el campo de los alimentos a nivel mundial. Se pone así de manifiesto el interés en la investigación en ciencia y tecnología de alimentos en Iberoamérica, en consonancia con la indudable importancia estratégica de este sector en la zona.
4. El segundo país del mundo en volumen de producción científica es España, luego de Estados Unidos. Se trata de una posición particularmente relevante para ese país iberoamericano, que en el total de la base de datos aparece varios puestos más abajo. La investigación en ciencia y tecnología de alimentos aparece entonces como un campo de fuerte especialización española, con un crecimiento marcado en este lapso.
5. En el periodo analizado se registra un virtual estancamiento del número de documentos científicos publicados por las potencias tradicionalmente centrales en esta temática: Estados Unidos y Japón. Por el contrario, se observan fuertes crecimientos porcentuales, además de España, de China e Italia.
6. A nivel Iberoamericano, se evidencia también una marcada especialización de Portugal y Argentina en el área.
7. Los países iberoamericanos con sistemas de ciencia y tecnología pequeños o medianos muestran elevadas tasas de colaboración intrarregional. También es de cierta importancia este tipo de copublicación para naciones de desarrollo medio y de mayor volumen productivo como Venezuela y Chile, lo que ofrece pautas sobre la importancia del intercambio de conocimiento científico para consolidar las capacidades de los países.
8. En términos del desarrollo tecnológico medido a través de las patentes registradas mediante el tratado PCT, hay una tendencia a la baja a nivel mundial en los últimos cinco años.
9. La producción tecnológica iberoamericana en ciencia y tecnología de alimentos alcanzó las 415 patentes entre 2005 y 2009, lo que representa el 4% de las patentes publicadas en la base de datos de la WIPO.
10. Resulta llamativo que España, China e Italia ocupen, respectivamente, los puestos 13, 14 y 11 en las patentes del campo de la ciencia y la tecnología de alimentos, muy lejos de las posiciones líderes que desempeñan en el ranking de publicaciones.
11. Entre los catorce mayores titulares a nivel iberoamericano, diez son personas físicas. Se trata de un fenómeno llamativo, en la medida en que muchos de ellos tienen cinco patentes obtenidas en el periodo. En algunos casos, esto puede ser parte de una estrategia empresarial sobre propiedad intelectual, aunque en otros puede evidenciar una debilidad del sector empresarial en la región. Si no se cuenta con capacidad adecuada para la producción y comercialización, la titularidad de patentes por parte de personas físicas puede poner en duda la explotación industrial del invento registrado.
12. Iberoamérica tiene ante sí la posibilidad de convertirse en una de las fuentes más importantes de generación de nuevos alimentos, basada particularmente en su biodiversidad animal y vegetal. En ese sentido, es preciso intensificar la relación entre quienes producen y quienes aplican el conocimiento para propiciar la generación y la transferencia del conocimiento.
13. Para alcanzar un cierto impacto en la sociedad, no es suficiente un buen nivel de producción científica sino que ese conocimiento debe transformarse en motor de innovación y de desarrollo tecnológico. Sin embargo, en el contexto iberoamericano, el entramado productivo presenta una debilidad marcada en relación a países desarrollados.
14. Los países iberoamericanos tienen ante sí un gran desafío en este terreno: la articulación de sus ventajas comparativas con sus necesidades estructurales en la producción de alimentos. Es un problema en el cual los aportes de un espacio iberoamericano de conocimiento pueden ser de gran valor.

1. LA IMPORTANCIA DE LA I+D EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS EN IBEROAMÉRICA

La ciencia y tecnología de alimentos es un área de difícil definición debido a su amplitud y carácter netamente interdisciplinario. Por esa razón, con el correr del tiempo se han incorporado a este terreno temáticas más abarcativas como agroalimentación y agroindustria. Visto de esa manera, es innegable la importancia macroeconómica de este sector, así como su relevancia social y política. Sin embargo, y a pesar de ello, es un área relativamente pequeña en el contexto internacional de I+D.

Los comienzos de la investigación en agroalimentación tuvieron lugar en el Reino Unido con la creación de la Estación Experimental de Rothamsted (1843), en Japón con la "Hokkaido Experimental Station" (1871) y en Estados Unidos con una serie de actuaciones en universidades, creación de estaciones experimentales y del Servicio de Extensión Agraria (entre 1862 y 1914).

Desde el punto de vista disciplinar la ciencia y tecnología de alimentos tuvo su origen en la Química, más específicamente en el área de Química Analítica; incorporándose posteriormente otras disciplinas como la Biología, la Bioquímica, la Ingeniería Química, la Nutrición, las Ciencias de la Salud, entre otras. Más recientemente la Biología Molecular, la Biotecnología, la Nanotecnología y las nuevas disciplinas ómicas, como la Proteómica, Metabolómica o Nutrigenómica, han adquirido un peso creciente en este terreno.

Específicamente a nivel iberoamericano, el sector agroalimentario ocupa un lugar clave en el desarrollo socioeconómico, con un peso notable en el PBI del conjunto de los países que integran este ámbito. Sin embargo, al igual que en tantas otras áreas del desarrollo en la región, existen fuertes desequilibrios entre zonas geográficas. Esos desequilibrios pueden ir modificándose, en el tiempo, con la contribución de la investigación, la innovación y la transferencia tecnológica.

En la actualidad, la globalización de la economía ha favorecido la exportación de productos agroalimentarios desde Iberoamérica hacia Europa y Estados Unidos, entre otros destinos, basando la productividad fundamentalmente en unas condiciones ambientales favorables (suelo y clima) y mano de obra barata. Sin embargo, el mantenimiento de la competitividad deberá sustentarse en el futuro cada vez más en el aumento del grado de innovación y desarrollo tecnológico, así como en la incorporación de mejores normas de calidad y de gestión y comercialización de los productos agroalimentarios. La producción científica, generadora de nuevos conocimientos y su transferencia al sector público y privado, es un elemento muy importante en este contexto.

Pero no sólo en ese ámbito el papel de la I+D se vuelve central. Dadas las necesidades de la población mundial de contar con alimentos más saludables que ayuden a mejorar su calidad de vida, la exigencia de mayores y más estrictos estándares de calidad e inocuidad, así como el

requerimiento de alimentos más frescos que conserven sus propiedades características y las exigencias con respecto a la disminución de la contaminación ambiental, los avances tecnológicos en ciencia y tecnología de alimentos se vuelven una demanda indispensable. Resultan así una prioridad los desarrollos de carácter multidisciplinar que propicien nuevos conocimientos e innovación en campos como biotecnología agroalimentaria, biomedicina, calidad y seguridad alimentaria o nutrición, y que aporten mejoras en la infraestructura para la producción de alimentos.

2. LAS HUELLAS DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

La capacidad de dar cuenta del estado del arte y de las tendencias en la investigación científica y el desarrollo tecnológico se enriquece cuando combina información cuantitativa y cualitativa. Si bien el conocimiento resultante de estas actividades es de carácter intangible, su producción deja huellas que pueden ser medidas y analizadas para obtener un panorama detallado. Con la asistencia de expertos en el tema estudiado es posible configurar un mapa de tendencias y relaciones, configurando un insumo de utilidad para la toma de decisiones y la prospectiva.

Esas huellas de la producción de conocimiento son, por ejemplo, las publicaciones científicas y las patentes industriales. En ese sentido, el análisis de la información contenida en las bases de datos bibliográficas y de patentes de invención resulta de particular importancia, ofreciendo un enfoque más orientado a la investigación las primeras y a la aplicación industrial las segundas. Este trabajo incluye un abordaje complementario de ambos dominios de información, habiéndose utilizado por un lado la principal base de datos bibliográfica internacional, el *Science Citation Index* (SCI), y por el otro, la base de patentes del Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT, según la sigla en inglés), que reúne al selecto conjunto de documentos que son presentados de manera simultánea en varios países a través de este acuerdo.

La dificultad inicial en un estudio que aborde la I+D en ciencia y tecnología de alimentos recae en la dificultad de delimitar con claridad un área transversal como esta. Ese proceso fue llevado adelante a partir de una interacción iterativa con los expertos en la temática, participantes en este estudio, en la que se ponían en práctica diferentes estrategias de búsqueda que se perfeccionaron a partir de la revisión de los documentos obtenidos.

En el caso de las publicaciones, la búsqueda de documentos fue realizada sobre la base de datos SCI, en su versión *Web of Science*. El SCI cuenta con una colección de casi siete mil revistas científicas de primer nivel, recopiladas con estrictos criterios de calidad y cobertura, que dan cuenta de la investigación en la frontera científica internacional. La colección que integra esta fuente de información está organizada en base a

áreas temáticas que son asignadas a las revistas. Una de estas áreas es *Food Science and Technology*, que agrupa un total de 120 revistas internacionales, y que fue tomada como criterio inicial de recorte.

La revisión de los expertos, sin embargo, detectó que ciertas áreas aparecían subrepresentadas en esta categoría, como por ejemplo aspectos ligados a compuestos alimentarios bioactivos o a alimentos funcionales. Algo semejante ocurría con aspectos fisicoquímicos ligados a interfaces de importancia en el campo de propiedades funcionales, espumas y emulsiones, así como en la línea de investigación correspondiente a seguridad alimentaria y a mejora genética. Por esa razón, se sumaron documentos de revistas clasificadas en otras categorías (*Microbiology, Biotechnology & Applied Microbiology, Biophysics, Nutrition*), que tuvieran en su título o resumen las palabras clave *food, food processing, interfaces, oils, dairy products, meat products o cereals*.

Esto ha generado un *corpus* de información que contiene un amplio abanico de documentos, algunos de los cuales corresponden tangencialmente al tema de ciencia y tecnología de alimentos, pero que pueden resultar de mucho interés para los investigadores, dada la superposición disciplinaria que caracteriza a la investigación actual.

Por otra parte, las patentes de invención son una fuente valiosa de información sobre el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación. Cada una de las partes que las componen (título, resumen, descripción, reivindicaciones, titular, inventor, fecha de presentación de la solicitud, fecha de concesión de la patente, país de otorgamiento y citas del arte previo) nos permite conocer un aspecto en particular de ese resultado de investigación protegido jurídicamente, ya sea éste un producto, un proceso o un uso nuevo en el caso de los países que así lo contemplan en su régimen de propiedad intelectual.

Al igual que las publicaciones, las patentes tienen dos usos diferentes, más allá de la protección a la propiedad intelectual que brindan. Por un lado, al tratarse de un cúmulo tan enorme de información (actualmente hay más de cuarenta y siete millones de patentes en el mundo), la extracción de información puntual de los documentos sirve para favorecer la transferencia de tecnología y para facilitar la innovación en el sector productivo. Por otro lado, la construcción de indicadores a partir de los documentos de patentes permite observar las tendencias en el desarrollo tecnológico de diferentes campos, aprovechando la información estructurada en esos documentos, permitiendo poner el foco en distintos aspectos que van desde los campos de aplicación hasta la distribución geográfica de los titulares e inventores.

Existen distintas fuentes de información utilizadas habitualmente para la construcción de indicadores de patentes. De acuerdo a los intereses de cada estudio pueden seleccionarse las oficinas de propiedad industrial de uno o varios países simultáneamente. En este caso, el estudio se elaboró sobre la base de datos de la

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO, según su sigla en inglés), que contiene los documentos registrados mediante el Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT).

El tratado PCT permite solicitar la patente por una invención de manera simultánea en distintos países miembros del tratado y que el inventor selecciona de acuerdo a su criterio. Si bien la decisión de otorgar o no la patente recae en cada uno de los países, este mecanismo facilita enormemente la tramitación del registro en oficinas múltiples ya que las solicitudes que llegan mediante el convenio PCT no pueden ser rechazadas por cuestiones de forma en los países miembros. Asimismo, antes de ser enviada la solicitud a cada país se elabora una "búsqueda internacional" similar a la que realizan los examinadores de cada oficina. Este documento sirve tanto al titular para evaluar la patentabilidad de su invento como a los examinadores nacionales que ven así disminuido su trabajo.

La solicitud y el mantenimiento de patentes internacionales registradas mediante el tratado PCT son costosos en términos económicos y de gestión, por lo que sólo suelen registrarse allí los inventos con un potencial económico o estratégico importante. La selección de esta fuente se basó en ese criterio de calidad, apuntando a relevar con precisión los avances tecnológicos de punta a nivel mundial. Por otra parte, con la utilización de una base de datos de estas características se facilita la comparabilidad internacional, que se vería seriamente dificultada en el caso de tomar alguna fuente nacional.

Para la selección del conjunto de patentes a analizar, se recurrió a la Clasificación Internacional de Patentes (IPC, según la sigla en inglés). Se trata de una serie de códigos, asignados por las oficinas de propiedad intelectual a cada documento, y que se basan en los campos de aplicación de la invención patentada. En este estudio se han incluido las patentes clasificadas bajo los códigos A21 (*Human Necessities - Baking; Edible dough*), A22 (*Human Necessities - Butchering; Meat Treatment; Processing poultry or fish*) y A23 (*Human Necessities - Food or foodstuffs; Their treatment not covered by other classes*).

La extracción de datos se realizó mediante el sistema *Open Patent Services* de la Oficina Europea de Patentes y los registros obtenidos fueron descargados y migrados a una base de datos local diseñada para su posterior procesamiento.

3. LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

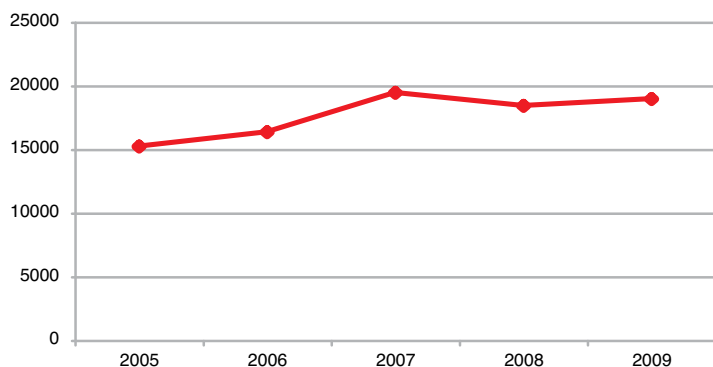
Las bases de datos bibliográficas permiten dar cuenta de la producción científica, medida a través de los artículos publicados en revistas científicas. Las principales bases de datos de este tipo, como en este caso el SCI, por sus criterios de conformación de la colección, son una fuente privilegiada para analizar las tendencias de la producción científica integrada a la corriente principal de la investigación a nivel mundial.

Este informe presenta un panorama de los cambios en los volúmenes de producción, los patrones de colaboración internacional, las redes de interacción y los recortes disciplinarios predominantes en la región iberoamericana y en el resto del mundo.

3.1. La evolución de la producción científica

La búsqueda bibliográfica realizada en el *Science Citation Index* (SCI) permitió recuperar un total de 88.480 publicaciones en ciencia y tecnología de alimentos incluidas en esa base de datos entre los años 2005 y 2009. Estos documentos representan el 1,3% del conjunto total de la producción científica registrada en el SCI en ese mismo período, proporción que refleja un campo de estudios de tamaño ciertamente pequeño. En particular, se observa un notorio crecimiento durante los primeros tres años del período bajo análisis y que en 2007 alcanza su volumen más alto, para decrecer luego levemente en los años 2008 y 2009 (**Gráfico 1**). En 2005 se contaron 15.237 documentos y en 2009 se registraron 18.979 publicaciones en esta temática, lo que representa un aumento del 24,5% a lo largo del período.

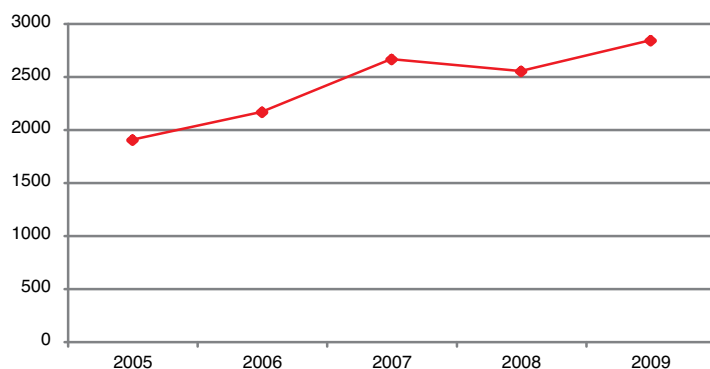
Gráfico 1. Producción total en ciencia y tecnología de alimentos



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

La presencia de Iberoamérica en el SCI fue, para el período 2005-2009, de 12.106 documentos. Se trata del 2,7% del total de las publicaciones iberoamericanas registradas en esa base de datos internacional durante el período considerado, una proporción de poco más del doble a la observada para el total mundial. A esta mayor presencia relativa del tema se agrega que, como muestra el **Gráfico 2**, el crecimiento fue, en términos relativos, más fuerte en Iberoamérica que en el mundo: de 1.899 documentos registrados en 2005, pasó a 2.837 publicaciones en 2009 (un aumento del 49%, el doble del crecimiento de la producción científica en el campo de los alimentos a nivel mundial). Se pone así de manifiesto el interés en la investigación en ciencia y tecnología de alimentos en Iberoamérica, en consonancia con la indudable importancia estratégica de este sector en la zona.

Gráfico 2. Producción iberoamericana en ciencia y tecnología de alimentos



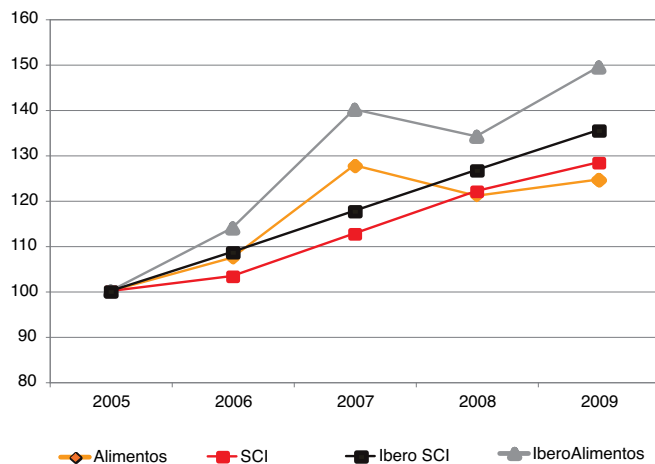
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

La producción mundial en el campo de la ciencia y la tecnología de alimentos creció, incluso, a un ritmo levemente inferior al de la producción científica total registrada en el SCI para el período 2005-2009 (**Gráfico 3**). Mientras que el total de la base de datos creció un 28%, en el mismo período los artículos sobre ciencia y tecnología de alimentos alcanzaron un incremento del 24,5%.

En cambio, en la región iberoamericana considerada como conjunto y durante igual lapso, el total de la base de datos creció un 35,5%, mientras sus documentos en ciencia y tecnología de alimentos aumentaron un 49%. Es posible notar también en este gráfico que, si bien se trata de un campo de investigación dinámico en la región, los patrones generales de su desarrollo comparten las características de la tendencia general de la producción mundial, que presenta un crecimiento muy marcado en 2007 y una posterior desaceleración. Este fenómeno está ligado a cambios en la colección del SCI, que pasó a incluir un número mayor de revistas latinoamericanas.

En el **Gráfico 3** se presenta la evolución de las publicaciones científicas de los cinco países del mundo más productivos en el campo de la ciencia y la tecnología de los alimentos durante 2005-2009. Se ha utilizado la metodología de contabilización por enteros, esto es, se ha contado un registro completo para cada uno de los países participantes. Debido a las repeticiones generadas por las coautorías en colaboración internacional, la suma de la producción de los países es superior al total mundial.

Gráfico 3. Total de publicaciones mundiales e iberoamericanas en ciencia y tecnología de alimentos



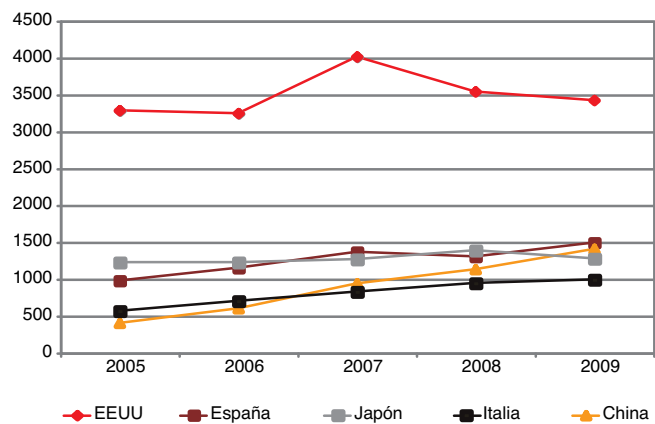
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.
Nota: Base 2005=100

42

Los resultados obtenidos muestran un claro liderazgo de Estados Unidos, que con 3.287 artículos en 2005 y 3.425 en 2009, mantiene una presencia cercana al 20% del total en todo el periodo. Sin embargo, presenta algunos altibajos, con un crecimiento alrededor de 2007 que luego no se mantiene. Los cambios en la producción de Estados Unidos en este terreno se imprimen también en el total de la producción científica de la disciplina.

En segundo lugar en 2009 aparece España, que asciende desde el tercer lugar en 2005 y pasa de 980 a 1.495 registros en 2009. Se trata de una posición particularmente relevante para ese país, que en el total de la base de datos aparece varios puestos más abajo. La investigación en ciencia y tecnología de alimentos aparece entonces como un campo de fuerte especialización española, con un crecimiento marcado en este periodo y relegando a Japón al tercer puesto.

Gráfico 4. Publicaciones de los principales países del mundo en ciencia y tecnología de alimentos



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

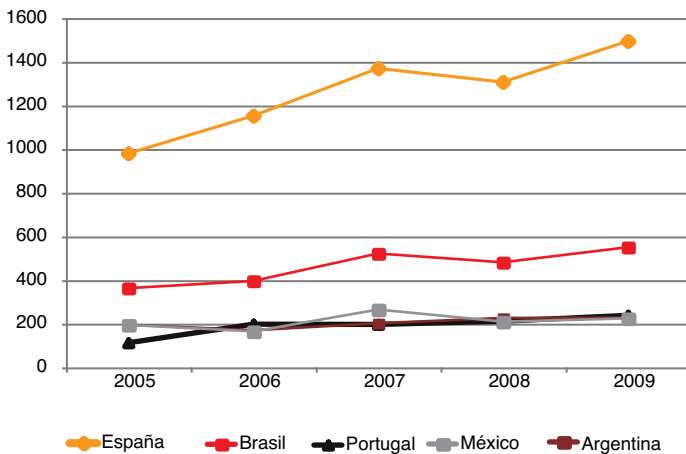
Ascendiendo del quinto lugar al tercero hacia el fin del periodo se encuentra China, país que se destaca especialmente por su crecimiento del 248% a lo largo de ese lapso (muy superior al del resto de los países, pasando de 405 a 1.408 documentos). A diferencia del caso español, el explosivo crecimiento chino en publicaciones científicas puede ser verificado en todas las disciplinas científicas.

Completan el listado de los líderes mundiales en este campo Italia y Japón. Italia presenta un crecimiento del 75% a lo largo del período, mientras que Japón registra un 4% de crecimiento a lo largo de estos años descendiendo desde el segundo lugar entre puntas.

En resumen, es interesante destacar que en el periodo analizado se registra un virtual estancamiento del número de documentos científicos publicados por las potencias tradicionalmente centrales en esta temática: Estados Unidos, en torno a los 3500 documentos, y Japón, con unas 1.250 publicaciones. Por el contrario, se observa en el terreno de la ciencia y la tecnología de alimentos, fuertes crecimientos porcentuales de España, China e Italia, que se configuran como protagonistas de la investigación en ciencia y tecnología de alimentos.

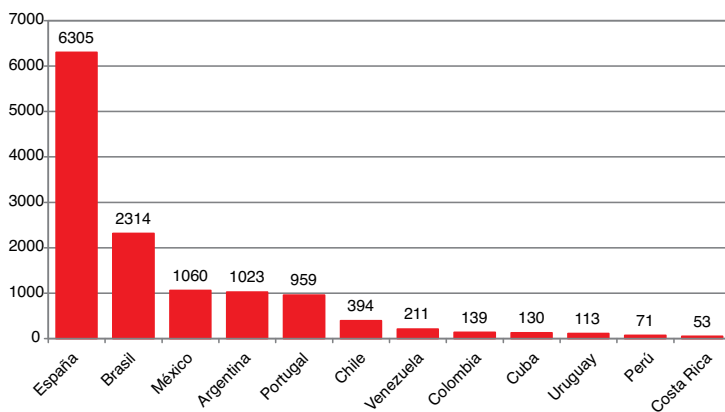
El **Gráfico 5** muestra la evolución de la producción científica de los países con mayor presencia en la producción en el campo de la ciencia y la tecnología de los alimentos a nivel iberoamericano durante 2005-2009. En orden decreciente, los cinco países líderes a escala regional son: España, Brasil, Portugal, Argentina y México. Este ordenamiento no coincide por completo con el de la producción total en SCI de los países iberoamericanos. En ese caso, México aparece en el tercer lugar, seguido de Portugal y luego de Argentina. Se evidencia, entonces, una cierta especialización de Portugal y de Argentina en esta temática, que será analizada en profundidad más adelante.

Gráfico 5. Publicaciones de los principales países iberoamericanos en ciencia y tecnología de alimentos



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

Gráfico 6. Publicaciones de países iberoamericanos en ciencia y tecnología de alimentos



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

El desempeño de España se destaca especialmente por su fuerte presencia: participa en el 52,1% de la producción científica en ciencia y tecnología de alimentos iberoamericana de todo el período. En segundo lugar y también durante todo el intervalo analizado aparece Brasil, país latinoamericano que es responsable de cerca del 20% de la producción científica regional en el tema. Su crecimiento es prácticamente continuo, aumentando su producción en poco más del 50% a lo largo del período.

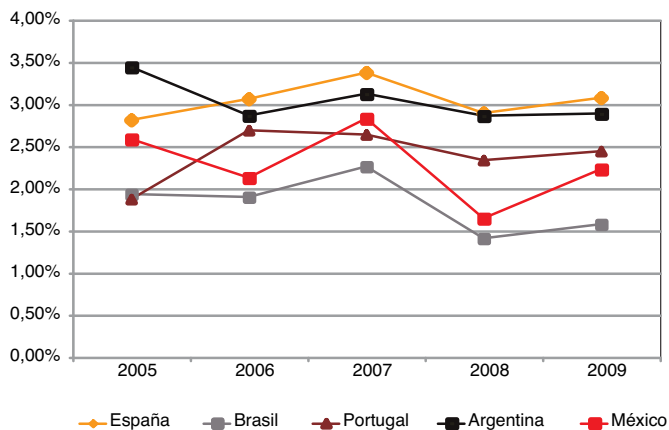
Portugal se destaca por su crecimiento sostenido, a partir del cual asciende de 113 artículos en 2005 a 239 en 2009 (un aumento del 111%) pasando del quinto lugar al tercero. Crecimientos relativos un poco menores registraron, para igual período, Argentina y México (que ocupan el cuarto y el quinto lugar en la región en el año 2009, con aumentos de su producción científica en ciencia y tecnología de alimentos de un 16% y un 15% respectivamente), aunque hacia el final del período analizado ninguno de ellos alcanza

siquiera a la mitad del volumen de artículos generados por Brasil. Sin embargo, es importante aclarar que la producción de estos tres países adquiere valores prácticamente idénticos en 2009, habiendo sólo 15 documentos de diferencia entre el tercero, Portugal, y el quinto, México.

El **Gráfico 6** presenta la producción científica de cada país iberoamericano en ciencia y tecnología de alimentos, acumulada durante el periodo 2005-2009.

España sobresale notablemente por su gran volumen de artículos publicados en la temática durante el período considerado, con 6.305 documentos. Su peso es tal, que su producción científica equivale prácticamente a la suma de los documentos científicos publicados por todo el resto de los países iberoamericanos. En segundo lugar y con menos de la mitad de la producción española en la temática, se encuentra Brasil, con 2.314 publicaciones especializadas en este campo. En tercer lugar se ubica México, que registra 1.060 artículos en alimentos en el SCI. Argentina, en el cuarto lugar, presenta una producción de 1.023 documentos y Portugal, en el quinto, una producción total de 959 artículos en materia de ciencia y tecnología de alimentos.

Gráfico 7. Publicaciones de los principales países iberoamericanos en ciencia y tecnología de alimentos en relación a su producción total en SCI



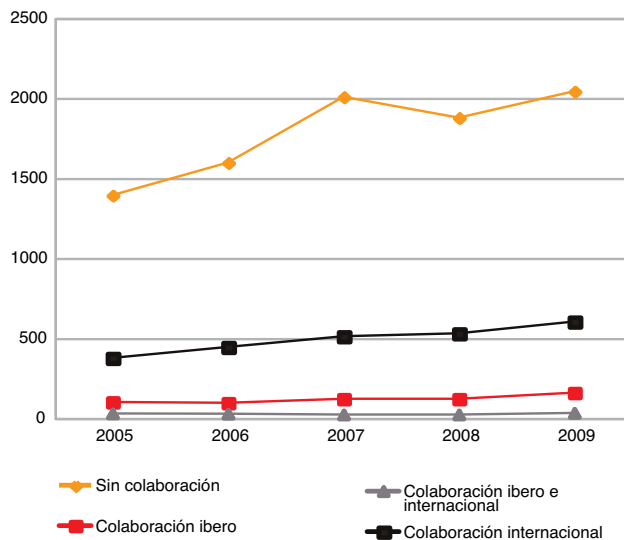
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

44

A los cinco principales países iberoamericanos siguen, en orden decreciente, Chile (con 394 publicaciones), Venezuela (con 211), Colombia (con 139), Cuba (con 130), Uruguay (con 113), Perú (con 71) y Costa Rica (con 53). Por último, pero con una escasa cantidad de artículos (por debajo de las 40 publicaciones durante todo el período), se encuentran otros ocho países: Ecuador, Guatemala, Bolivia, Panamá, Honduras, El Salvador, República Dominicana y Nicaragua.

Estas tendencias no ofrecen un panorama completo si no se tiene en cuenta la especialización que presenta cada uno de los países en la temática analizada. Según la evolución del porcentaje de la producción científica en ciencia y tecnología de alimentos durante 2005-2009 en relación al total de la producción registrada en el SCI, los cinco principales países iberoamericanos en la materia según sus volúmenes de publicaciones (España, Brasil, México, Argentina y Portugal) se ordenan de modo diferente.

Gráfico 8. Colaboración internacional iberoamericana en ciencia y tecnología de alimentos



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

Como muestra el **Gráfico 7**, España es el primer país iberoamericano en cuanto a proporción de producción científica en ciencia y tecnología de alimentos en el SCI durante

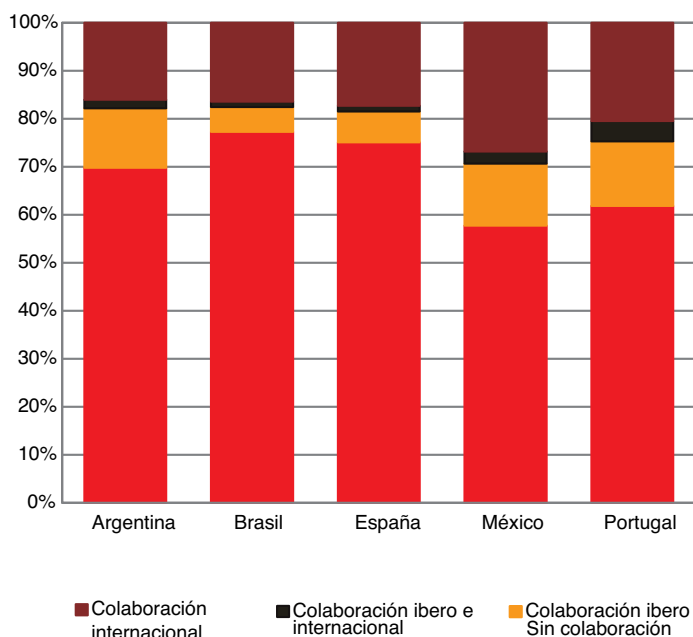
todo el período: es el que tiene el segundo lugar en 2005 (2,8%) y en 2009 representa el mayor valor de la región (3,1%). Argentina experimenta el proceso inverso: era el más especializado de la región en esta temática hacia 2005 (con el 3,4% de la producción registrada en el SCI en este campo), pero pasa a ocupar el segundo lugar en 2009 con el 2,9%. Portugal, que se ubicaba en el último lugar en el grupo hacia 2005, pasa a ocupar el tercer lugar hacia 2009, subiendo del 1,9% al 2,4%. México desciende al cuarto lugar del grupo hacia el final del período, presentando un comportamiento muy irregular a lo largo del período y pasando del 2,6% en 2005 al 2,2% en 2009. Algo similar sucede con Brasil, que pasa no sin intermitencias del cuarto al quinto lugar en el grupo de los cinco principales países de Iberoamérica (con el 1,9% en 2005 y el 1,9% en 2009).

3.2. Colaboración internacional

La colaboración científica puede cobrar diversas manifestaciones, sin embargo una de las evidencias empíricas más claras que representa la interacción exitosa entre investigadores, es la coautoría de publicaciones, interacción que es vista por sus protagonistas como una sinergia que propicia la productividad científica a través de un importante intercambio de conocimiento.

En el **Gráfico 8** se presenta la distribución de los documentos de Iberoamérica en ciencia y tecnología de alimentos según el tipo de colaboración. Aparecen tres tendencias bien marcadas en la producción científica registrada en el SCI. En primer lugar, los documentos no colaborados, que suponen el 74% de los trabajos de autores iberoamericanos, muestran una trayectoria fundamentalmente ascendente, matizada por un acelerado crecimiento durante el trienio 2005-2007 y una leve caída en 2008.

Gráfico 9. Patrones de colaboración en ciencia y tecnología de alimentos según país



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

En segundo lugar, también se ha ido acrecentando a nivel iberoamericano la presencia de la colaboración internacional, es decir, la copublicación generada entre una nación de Iberoamérica y una o más naciones no iberoamericanas, dando cuenta así del creciente proceso de internacionalización de la región en ciencia y tecnología de alimentos. La colaboración internacional, vista de esta manera, representa el 20% de los documentos totales, registrando un alza del 60,4% entre 2005 y 2009.

Por último, una tercera tendencia destacable es la débil presencia tanto de la colaboración iberoamericana (aquella producida entre autores pertenecientes a dos o más países iberoamericanos), como de la colaboración ibero-internacional (aquella registrada entre dos o más naciones de la región y una o más naciones extra-regionales). La colaboración estrictamente iberoamericana, sin embargo, tiene un volumen mayor que la colaboración ibero-internacional y crece, además, un 57,4% en el quinquenio. Aparece así, si bien en un volumen pequeño, una tendencia marcada hacia la consolidación de un espacio iberoamericano del conocimiento, que sin duda es preciso potenciar con políticas que acentúen la colaboración científica y tecnológica y, específicamente, su relación con el sector productivo.

Por el contrario, la colaboración ibero-internacional es la que presenta un menor aumento durante el período analizado (10%), además de presentar un bajo número de publicaciones en valor absoluto. Las tres trayectorias señaladas quedarán mejor explicadas a partir de las composiciones relativas de los documentos colaborados de España y Brasil, los grandes motores del crecimiento de Iberoamérica en el campo analizado.

En ese sentido, el **Gráfico 9** muestra la distribución de los documentos según el patrón de colaboración científica en ciencia y tecnología de alimentos de los cinco principales países iberoamericanos para el período 2005-2008. Como suele observarse en todos los campos de la ciencia en la actualidad, la investigación en colaboración juega un papel relevante en la forma de producción de conocimiento. Principalmente, es el caso de México, Portugal y Argentina, con porcentajes que oscilan entre el 30% y el 42%, y más moderado en Brasil y España, con porcentajes en torno al 24%.

Es clara la simetría existente entre las cinco naciones en cuanto al perfil de colaboración y la preeminencia de la copublicación internacional

por sobre la regional e ibero-internacional. México, liderando la tasa de copublicación internacional, y Portugal, liderando las tasas de copublicación regional e ibero-internacional, son los países con mayores porcentajes de documentos en los tres tipos de colaboración científica analizada.

Argentina es el país de este grupo que tiene la menor proporción de publicaciones científicas en colaboración internacional (fuera de Iberoamérica). Brasil y España, los países con mayor desarrollo científico de la región, presentan tasas de colaboración relativamente menores, a pesar de que el valor absoluto de sus documentos científicos publicados en colaboración es elevado.

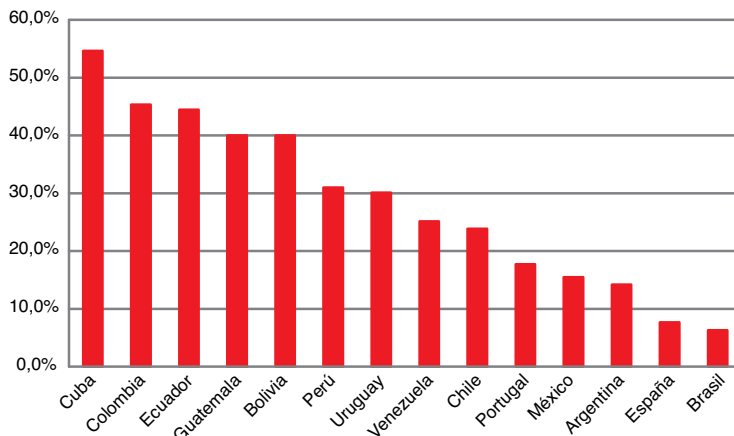
El **Gráfico 10** permite comparar el peso relativo que tiene la colaboración iberoamericana en la producción científica en ciencia y tecnología de alimentos en las naciones de la región durante 2005-2009. Los países iberoamericanos con sistemas de ciencia y tecnología pequeños o medianos y con baja producción científica en ciencia y tecnología de alimentos recogida en el SCI (Cuba, Colombia, Ecuador, Guatemala, Bolivia, Perú y Uruguay) muestran tener elevadas tasas de colaboración intraregional (por encima del 30%). También es de cierta importancia este tipo de copublicación para naciones de desarrollo medio y de mayor volumen productivo como Venezuela (25%) y Chile (24%), lo que ofrece pautas sobre la importancia del intercambio de conocimiento científico para consolidar las capacidades de los países. En este marco, las políticas de movilidad son vistas como de gran impacto potencial para el trabajo de investigación.

A continuación se presenta la evolución anual de los documentos en ciencia y tecnología de alimentos, según patrones de colaboración, para los cinco principales países de Iberoamérica en esta temática.

La contribución científica española (**Gráfico 11**), dada su magnitud, refleja tendencias muy similares a las descritas anteriormente para el bloque regional, de crecimiento constante, y especialmente fuerte en el trienio 2005-2007, de los documentos sin colaboración y, fundamentalmente, de la copublicación internacional, que se duplica entre puntas. Por otra parte, los documentos generados en colaboración iberoamericana e ibero-internacional no resultan muy significativos para el país que ejerce el liderazgo regional en la producción científica en ciencia y tecnología de alimentos, representando sólo el 7,6% de la producción total de España en esta temática.

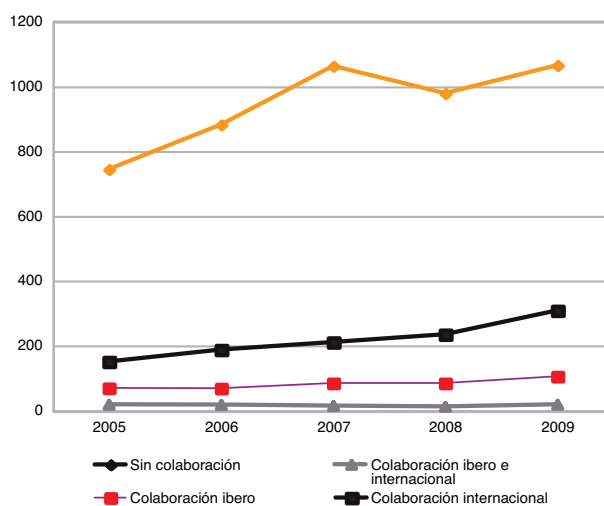
Sin embargo, y no obstante su volumen relativamente menor, la colaboración

Gráfico 10. Porcentaje de colaboración iberoamericana en ciencia y tecnología de alimentos



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.
Nota: Acumulado 2005-2009.

Gráfico 11. Publicaciones españolas en ciencia y tecnología de alimentos según colaboración



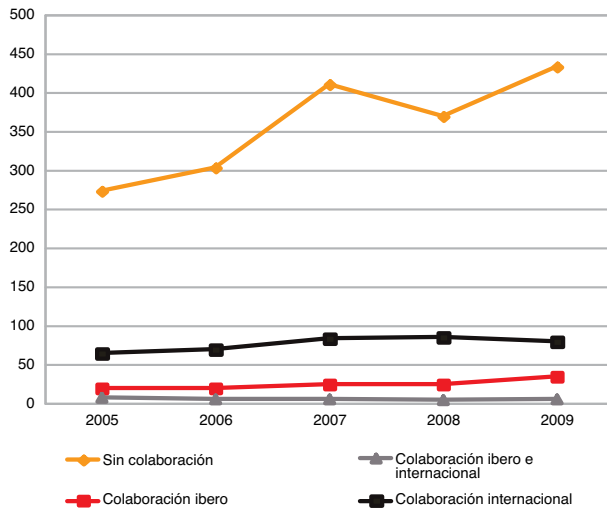
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

iberoamericana crece un 53% en el quinquenio. De esta manera, parece consolidarse una cierta capacidad española para aglutinar en torno a sí la investigación en colaboración de los países iberoamericanos.

En el caso brasileño (**Gráfico 12**), el segundo gran productor de la región iberoamericana en ciencia y tecnología de alimentos, con participación en el 18% de las publicaciones regionales en la temática, se destaca una trayectoria marcadamente ascendente en la producción de documentos sin ningún tipo de colaboración internacional, patrón que puede derivarse del creciente desarrollo de su sistema de ciencia y tecnología.

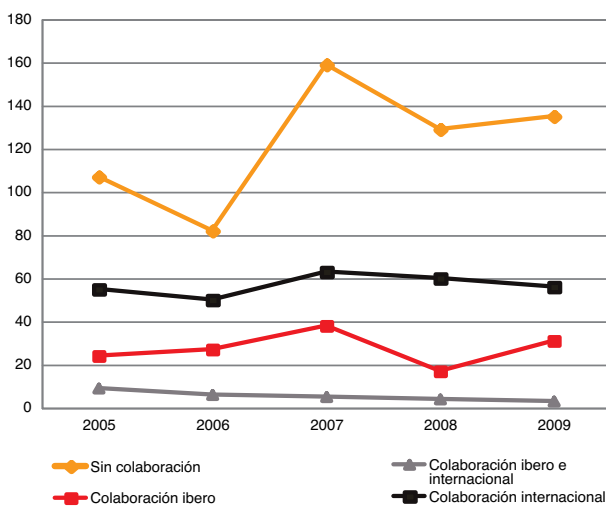
La colaboración internacional muestra un lento crecimiento durante el espacio temporal analizado con una leve caída al final del mismo. Sin embargo este crecimiento no evita que, debido al mayor crecimiento de los documentos no colaborados, este tipo de colaboración pierda 3,3 puntos porcentuales de su peso entre puntas, pasando del 17,6% al 14,3%. Los dos patrones de colaboración restantes, el iberoamericano y el ibero-internacional, resultan poco significativos, sobre todo este último con valores absolutos de publicaciones muy bajos.

Gráfico 12. Publicaciones brasileñas en ciencia y tecnología de alimentos según colaboración



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

Gráfico 13. Publicaciones mexicanas en ciencia y tecnología de alimentos según colaboración



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

La producción científica mexicana (**Gráfico 13**) muestra un crecimiento, aunque de marcados altibajos, en la producción de documentos sin colaboración, su principal forma de publicación en ciencia y tecnología de alimentos. Los documentos en colaboración presentan trayectorias con oscilaciones tendientes a la baja. Tanto la colaboración internacional como la ibero-internacional, aunque esta última con valores absolutos de publicación muy bajos, pierden peso porcentual en la composición de la producción entre puntas.

El caso portugués (**Gráfico 14**) muestra un marcado ascenso, aunque con un leve altibajo en 2007, de los documentos sin colaboración. Es el único país de los cinco mayores productores de Iberoamérica donde la participación porcentual de la producción no colaborada se incrementa 7 puntos entre 2005-2009, pasando de 56% a 63%.

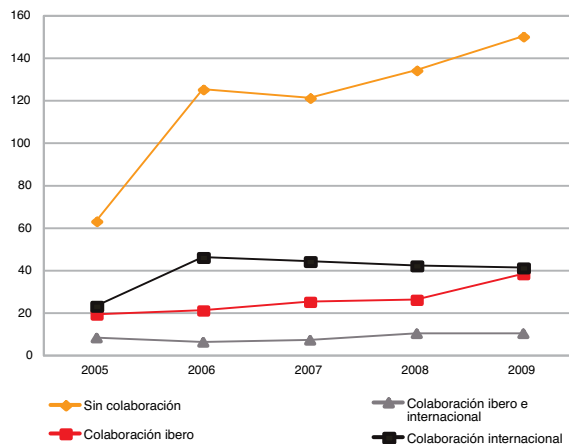
La colaboración internacional presenta una tendencia en baja constante desde 2007, mientras que la colaboración iberoamericana muestra una tendencia opuesta, terminando con valores similares en 2009, una característica única entre los principales países de la región. Como se verá más adelante, la intensa cooperación con su vecino ibérico, España, explica este fenómeno. Mientras tanto, la copublicación

ibero-internacional es muy pequeña y manifiesta muchas fluctuaciones durante todo el período analizado.

Por último, la contribución científica argentina (Gráfico 15) muestra una curva positiva de los documentos sin colaboración, exceptuando una interrupción en 2006. Su trayectoria de copublicación internacional aparece prácticamente sin variación significativa en el quinquenio. Por una parte, una fluctuante evolución de la colaboración iberoamericana, que al final del periodo se empareja a la colaboración internacional. Una vez más, los vínculos con España tendrán un peso central. Por último, se presenta una oscilante y extremadamente baja copublicación ibero-internacional.

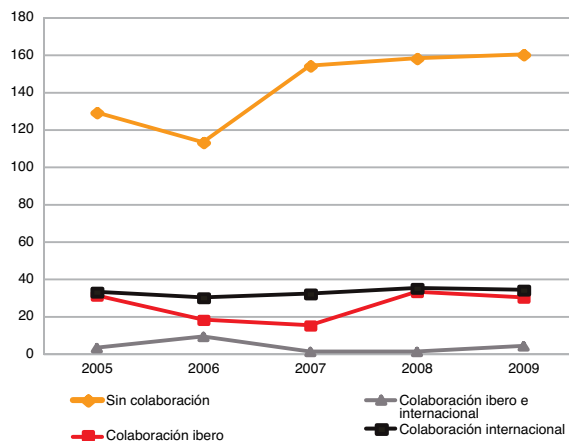
En el Gráfico 16 se presentan los principales socios científicos de España en ciencia y tecnología de alimentos, siendo todos ellos países no iberoamericanos. Se aprecia que los mayores vínculos se establecen con países de la Unión Europea de los 15: Italia, Inglaterra, Francia y Alemania. Es de destacar también la relativamente escasa colaboración con Estados Unidos, el principal país a nivel mundial en la temática, que aparece por debajo de Italia y apenas por encima de Inglaterra.

Gráfico 14. Publicaciones portuguesas en ciencia y tecnología de alimentos según colaboración



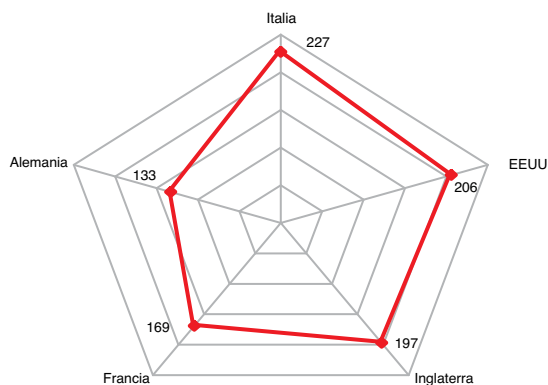
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

Gráfico 15. Publicaciones argentinas en ciencia y tecnología de alimentos según colaboración



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

Gráfico 16. Colaboración en publicaciones españolas en ciencia y tecnología de alimentos



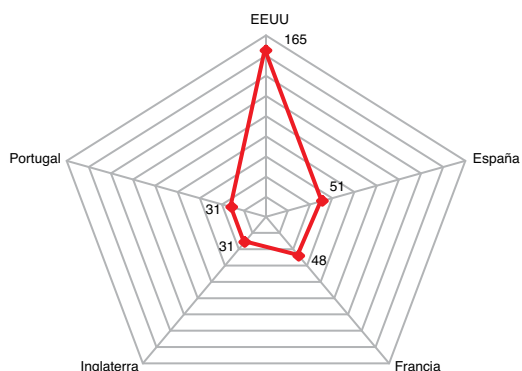
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.
Nota: Acumulado 2005-2009.

El caso de Brasil (Gráfico 17) muestra, en esta temática, una colaboración fuertemente concentrada en Estados Unidos. En segundo lugar y a distancia, con menos de un tercio de los documentos en colaboración publicados con investigadores estadounidenses, se encuentra España. En el tercer lugar aparece Francia y luego, compartiendo el cuarto lugar, Inglaterra y Portugal.

La investigación mexicana (Gráfico 18), al igual que la investigación brasileña, está básicamente concentrada en Estados Unidos, pero de manera aún más acusada. En un segundo lugar, nuevamente distante, se ubica España. En tercer lugar Francia. Es significativo, en el caso de México, la aparición de Venezuela entre sus cinco principales socios internacionales, aunque el volumen total de documentos no es demasiado significativo.

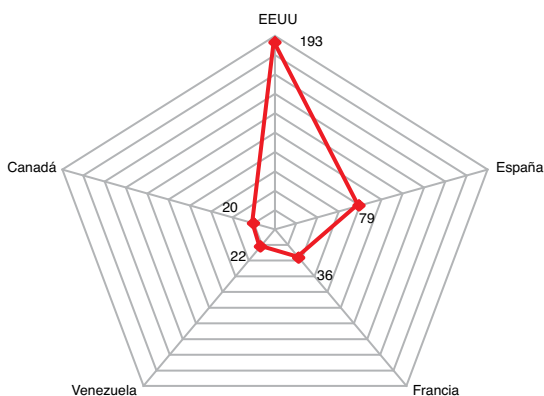
Portugal (Gráfico 19), a diferencia de los otros cuatro países de mayor producción científica iberoamericana, no presenta a Estados Unidos como uno de sus más importantes socios científicos. Su producción en colaboración está aglutinada con investigadores españoles. En un alejado segundo lugar se encuentra Inglaterra, en tercer lugar Francia y en cuarto lugar Italia, todas estas naciones se caracterizan por estar muy próximas geográficamente.

Gráfico 17. Colaboración en publicaciones brasileñas en ciencia y tecnología de alimentos



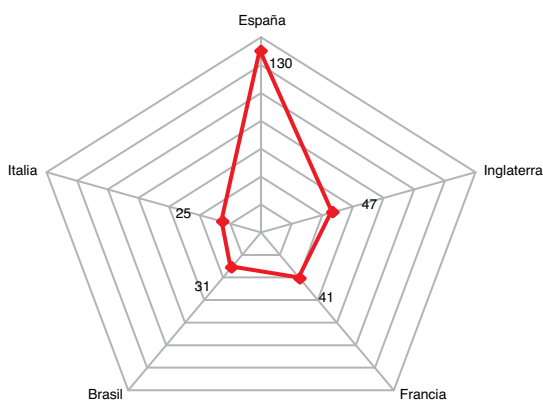
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.
Nota: Acumulado 2005-2009.

Gráfico 18. Colaboración en publicaciones mexicanas en ciencia y tecnología de alimentos



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.
Nota: Acumulado 2005-2009.

Gráfico 19. Colaboración en publicaciones portuguesas en ciencia y tecnología de alimentos



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.
Nota: Acumulado 2005-2009.

La presencia de Brasil (y, a la inversa, de Portugal entre los países con los que Brasil tiene un mayor vínculo científico) pone en evidencia que ambas naciones, además de compartir objetivos científicos comunes, están unidas por cuestiones idiomáticas y culturales, factores que suelen moldear también la cooperación en ciencia y tecnología.

Finalmente, Argentina (**Gráfico 20**) presenta los ejes más fuertes de colaboración en ciencia y tecnología de alimentos con España, Estados Unidos y, en menor medida, Italia. Completan sus cinco principales socios científicos Brasil, único país latinoamericano, y Francia.

A la vista de esta comparación entre países, es de destacar la presencia española como socio destacado en este campo. Si bien en el total de la producción de todos los países latinoamericanos suele ser un colaborador muy importante, su presencia tiene un volumen bastante menor a la de Estados Unidos, tendencia que se invierte en varios casos dentro de la investigación en ciencia y tecnología de alimentos.

3.3 Iberoamérica en las redes internacionales de colaboración

La firma en colaboración de artículos científicos es una de las características inherentes de la ciencia y un reflejo de la interacción entre redes de científicos, y éstas a su vez, son un reflejo de las redes institucionales y globales. En las últimas décadas, el trabajo colaborativo se ha incrementado notablemente, bien como consecuencia de la creciente especialización e interdisciplinariedad, como de la internacionalización del intercambio de conocimiento entre los miembros de la comunidad científica. Asimismo, la formación de redes de colaboración también se ha visto moldeada, en mayor o menor medida, por factores extra-científicos: cercanía geográfica, razones políticas, afinidad idiomática o cultural.

El grado de integración de la región iberoamericana, vista como un espacio de circulación de conocimiento, puede ser analizado a través de la copublicación de documentos entre las naciones que la constituyen. La creciente, aunque aún moderada, tendencia hacia la colaboración intrarregional da cuenta de una posible consolidación del bloque iberoamericano como un área de mayor flujo de información. Observando la diversidad de las relaciones de cooperación establecidas es posible determinar el mayor o menor nivel de integración de la red.

Los cambios en el grado global de relación entre los países de la red de copublicación de documentos científicos pueden ser descritos mediante el indicador de densidad. Este indicador mide la proporción de colaboraciones distintas existentes sobre el total de colaboraciones distintas posibles, es decir, cuantifica la intensidad de la colaboración en el conjunto de la red.

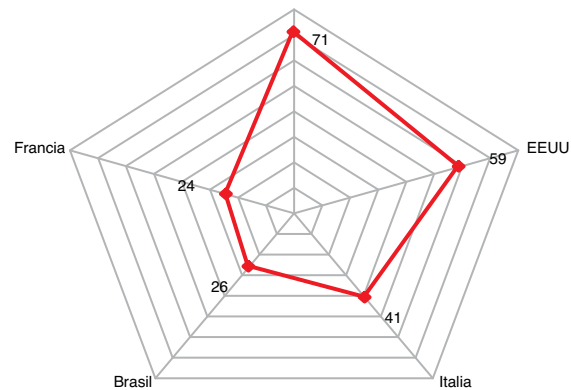
En el **Gráfico 21** se presenta la evolución de las densidades de la red mundial y la red iberoamericana de producción científica en ciencia y tecnología de alimentos, que son mensuradas en el eje derecho. Las barras dan cuenta de la cantidad de nodos participantes de la red de Iberoamérica en esta temática en cada año, que es cuantificada en el eje izquierdo.

Se observa que mientras la densidad de la producción total mundial en ciencia y tecnología de alimentos se mantiene relativamente estable en el quinquenio, la integración dentro de la región iberoamericana se mantuvo en un nivel superior y registró un fuerte crecimiento en el último tramo del período. En el año 2005 la red de países iberoamericanos presentaba un índice de densidad de 0,2, ampliamente superior al que presentaba la red total mundial (0,1), que crece a 0,23 en 2006, desciende a 0,21 en 2007 y a partir de allí aumenta pronunciadamente hasta el año 2009, año en que alcanza una densidad de 0,34, es decir, que se establecen el 34% de las relaciones de colaboración posibles. Esta cifra triplica la densidad del total mundial en ese mismo año.

El comportamiento descrito da cuenta de que la región iberoamericana funciona, efectivamente, como un espacio de conocimiento altamente colaborativo, con un nivel de relacionamiento mayor que el promedio general de la red.

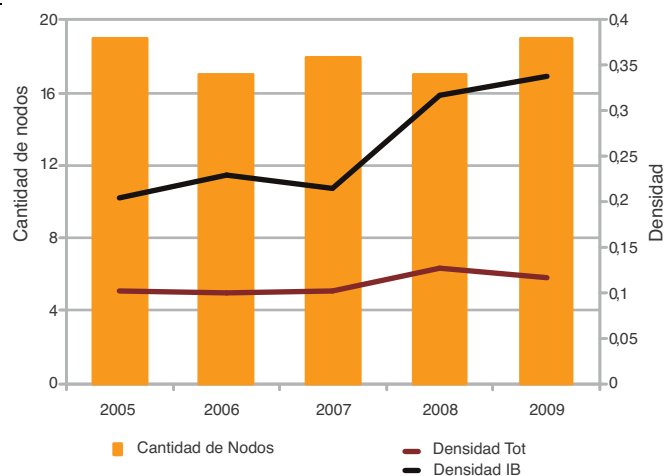
En tal contexto, resulta de interés analizar más pormenorizadamente el lugar que ocupan las naciones de Iberoamérica en la investigación internacional en ciencia y tecnología de alimentos. El **Gráfico 22** presenta la red mundial generada por la copublicación de documentos en ciencia y tecnología de alimentos en el año 2005. Se han incluido todas las naciones con al menos un documento colaborado en ese año y se han resaltando en color verde las pertenecientes a la región iberoamericana.

Gráfico 20. Colaboración en publicaciones argentinas en ciencia y tecnología de alimentos



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.
Nota: Acumulado 2005-2009.

Gráfico 21. Cantidad de nodos y densidad de las redes en ciencia y tecnología de alimentos



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

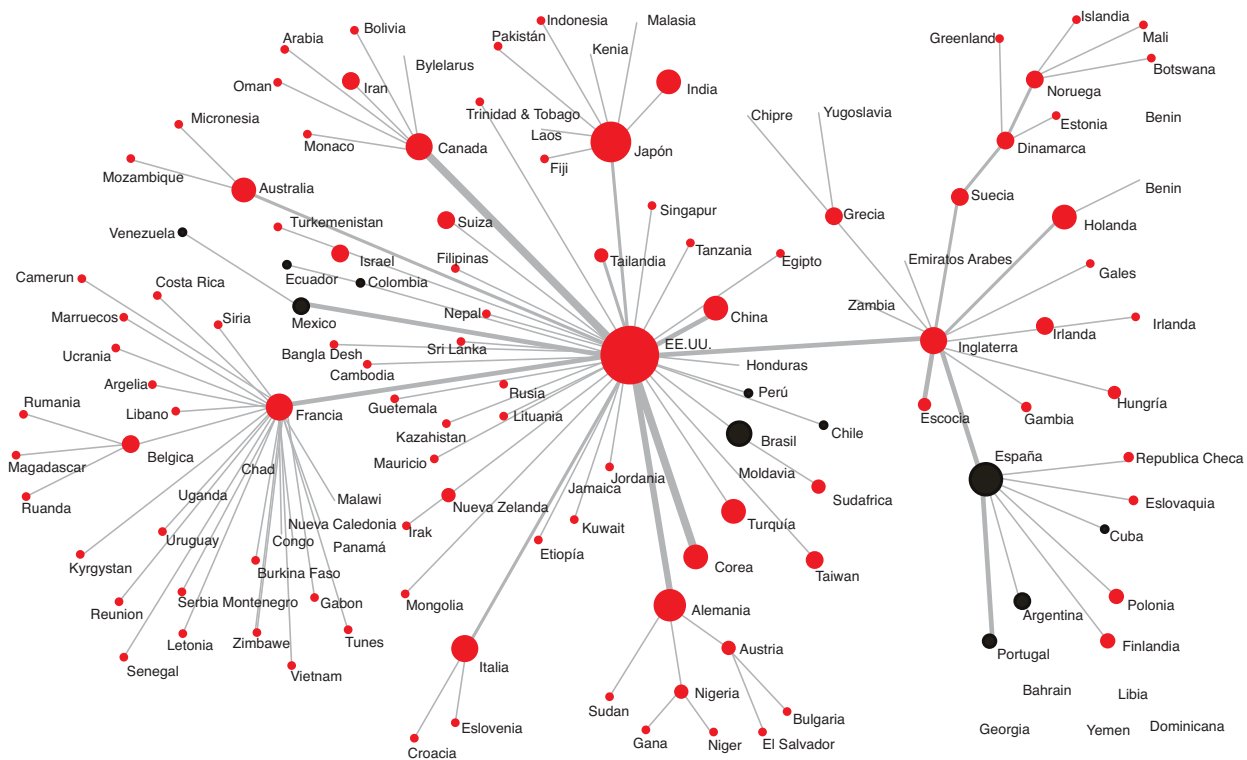
Para representar la red de forma inteligible, dado que la multiplicidad de nodos y relaciones existentes imposibilita la visualización y el análisis de los actores y enlaces principales, se recurrió a técnicas de poda. Éstas consisten en la aplicación de algoritmos que eliminan los lazos menos significativos de la red, dejando tan sólo la cantidad mínima necesaria para no desconectar ningún nodo. El criterio para esto es que el peso de los caminos totales resultantes (en nuestro caso la cantidad de documentos en colaboración) sea el mayor posible. De esta manera se obtiene la estructura básica que subyace en una red de mucha mayor complejidad. El resultado de estas técnicas de poda es un árbol de caminos mínimos (minimum

spanning tree, MST) de un grafo. En este caso se ha utilizado una implementación del algoritmo de Prim. En la representación gráfica, el grosor de los enlaces se ha hecho proporcional a la intensidad de copublicación de los países a los que unen, así como el tamaño de los nodos lo es a la producción.

producción importante en este campo: Alemania, Canadá, Inglaterra, Italia, Francia y Japón. La principal conexión, por la cantidad de nodos que articula (29 países) y por la capacidad de intermediación que presenta, se daba entre Estados Unidos e Inglaterra. También es significativa la conexión entre Estados Unidos y Francia, articulando 28 países, aunque con un volumen productivo menos sustantivo.

Circunscribiendo el análisis a los países de Iberoamérica, es posible observar que la mayoría de ellos aparecían vinculándose en forma directa con Estados Unidos. Siendo las naciones más representativas por su volumen

Gráfico 22. Red de países con producción científica en ciencia y tecnología de alimentos (2005)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

de copublicación Brasil, México y Chile. Otra articulación importante es la de España (en el tercer lugar en 2005 en cantidad de publicaciones), conectada con Estados Unidos a través de Inglaterra, vinculando a otros 3 países de la región: Argentina, Portugal y Cuba. Las intensas relaciones entre México y Venezuela en este campo ya estaban presentes en ese año, haciendo que fueran los únicos países latinoamericanos articulados entre sí.

En 2005, Estados Unidos era el país central y el que más intervenía en el desarrollo del campo analizado por diferentes razones. En primer lugar, por ser el país que contaba con más documentos científicos en la temática. En segundo lugar, por ser el principal eje articulador de las relaciones con los otros países intermediarios y con una

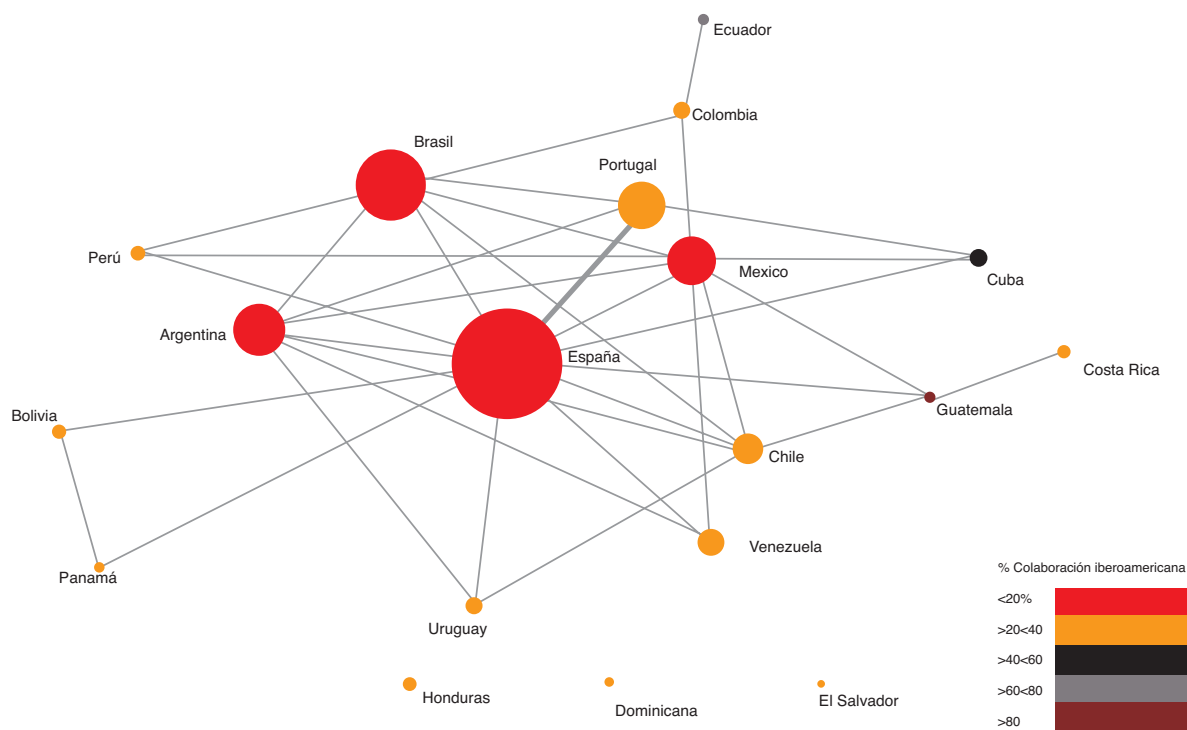
El **Gráfico 23** muestra cómo ha evolucionado la red de colaboración científica internacional en ciencia y tecnología alimentaria para el año 2009. El entramado conectivo entre las distintas naciones del mundo ha

producción que se ubican en la periferia del gráfico. Asimismo, aparecen otros 3 países (Honduras, República Dominicana y El Salvador) con volúmenes de producción menores y que además no poseen conexión con otros países iberoamericanos. Los dos países con mayor producción en ciencia y tecnología de alimentos en ese año, España y Brasil, se presentan como articuladores de la red aunque la relación entre ambos es relativamente débil en relación al volumen de su producción y, particularmente en el caso del líder español, a la colaboración con el otro país de la península ibérica: Portugal.

En 2009 (**Gráfico 25**), España consolida aún más su papel central, superando ampliamente a Brasil en cantidad de publicaciones y en diversidad de relaciones con el resto de los países de la región. Se observa, en este sentido, un incremento en la intensidad de las interacciones de España con México y con Portugal, reflejando un cierto proceso de integración entre esos países.

La densidad general de la red iberoamericana es superior a la de 2005, aunque la composición de los países se mantiene con características muy similares: sólo aparece Nicaragua y desaparece El Salvador, y solamente 2 países (Guatemala y, como en 2005, Honduras) se ubican en la periferia sin ninguna conexión con el resto de la región.

Gráfico 24. Red de países iberoamericanos en alimentos (2005)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

Los países de mayor producción en ciencia y tecnología de alimentos en Iberoamérica son a su vez aquellos para los que la colaboración con el resto de la región representa un porcentaje menor de su producción: España, Brasil, México y Argentina poseen valores inferiores al 20%. Exceptuando a los países de menor producción en la región (aquellos con participación menor al 1% de la producción del total de Iberoamérica en este campo) que carecen de masa crítica para este análisis, los países de desarrollo intermedio son los que mayor presencia en cooperación iberoamericana tienen: Portugal, Chile, Venezuela y Cuba, con valores que van del 23,9% al 42,3%.

Para el último año del período estudiado, la colaboración iberoamericana ha aumentado en forma significativa fundamentalmente en algunos países de desarrollo intermedio, como es el caso de Uruguay (que ascendió de un 25% en 2005 a un 51,7% en 2009), Colombia (que creció de un 38,5% en 2005 a un 50% en 2009) y Chile (que subió de un 24,5% en 2005 a un 28,8% en 2009). Aunque con volúmenes de producción menores, un fenómeno igualmente significativo se dio en Cuba que ascendió del 42,3% al 78,3% de colaboración iberoamericana. Este panorama contrasta, sin embargo, con la situación de los principales países de la región en ciencia y tecnología de alimentos: entre los años 2005 y 2009, España y Brasil mantuvieron estables sus

sensiblemente bajos porcentajes de colaboración intraregional (en torno al 8% y al 7% respectivamente) y México y Argentina registraron incluso un descenso del 17% al 15%.

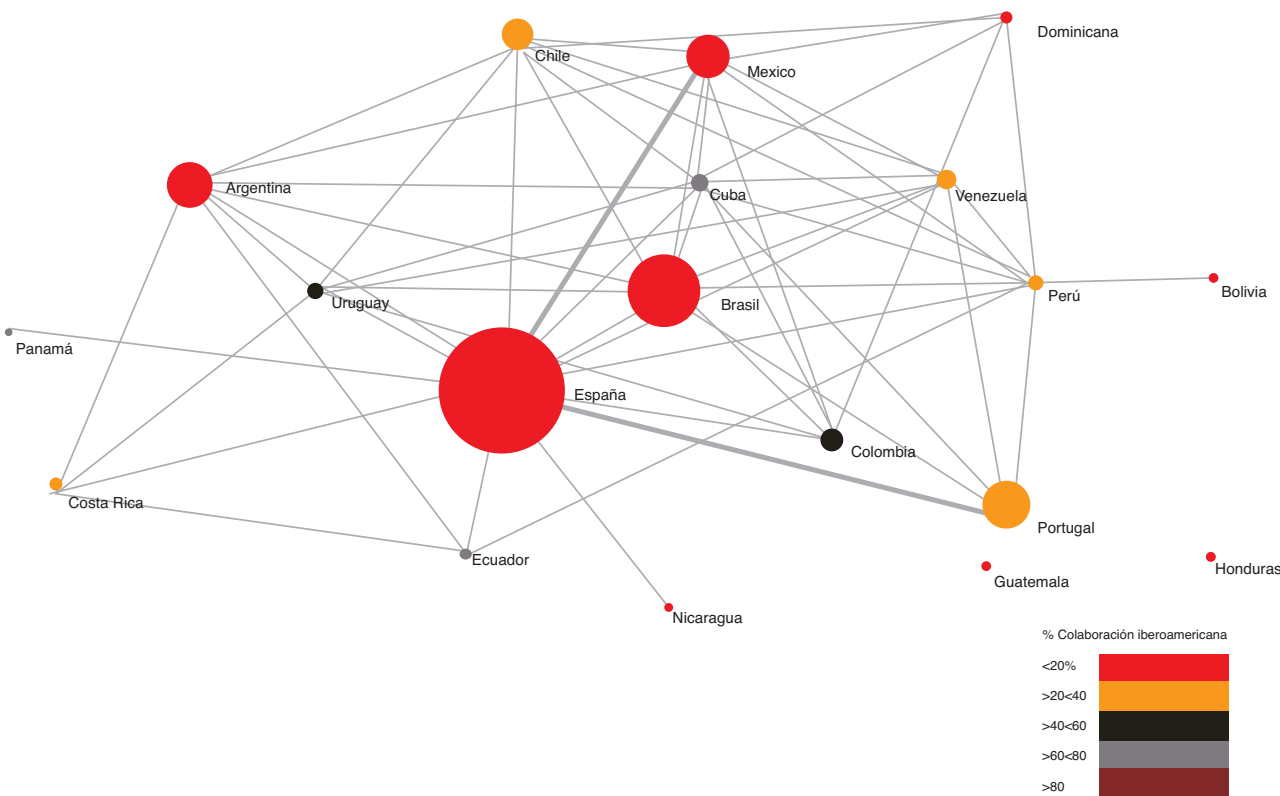
Con el propósito de cuantificar con más detalle tanto la posición de los países iberoamericanos en las redes de colaboración como sus cambios a lo largo del período estudiado, es posible recurrir a distintos indicadores propios del análisis de redes. El más simple de esos indicadores se denomina grado normalizado y está conformado por el número de otros nodos al que uno está directamente vinculado, normalizado por la cantidad total de relaciones posibles. Esta medida da cuenta del nivel de exposición directa de cada nodo a la información que se encuentra en circulación por la red.

El **Gráfico 26** presenta la distribución de los principales países iberoamericanos en materia de publicaciones en ciencia y tecnología de alimentos en un plano definido por la participación porcentual en el total de la producción

regional en el eje x y el grado normalizado de cada nodo en el eje y. Para observar la evolución de cada país en el contexto de la red, los datos correspondientes a 2005 se presentan en azul y los correspondientes a 2009 en rojo. En ambos casos, se ha trazado en el gráfico una línea de regresión para poder observar la posición relativa de cada país con respecto al conjunto. Los datos completos que dan origen al gráfico, pero para la totalidad de los países iberoamericanos con producción en este campo temático en ambos años, se presentan en la **Tabla 1**.

Se destaca la evolución de España y Brasil, que si bien mantienen estables los porcentajes de su participación en el campo de la investigación en alimentos de la región (pasan, respectivamente, de participar del 51,6% y 19,1% de la producción iberoamericana en 2005 al 52,7% y 19,2% en 2009), manifiestan un crecimiento significativo de su centralidad en la red regional, que asciende tanto en términos absolutos (pasando de 0,63 a 0,74 en el caso español y de 0,37 a 0,53 en el caso brasileño) como en relación a los demás países (pasando de ubicarse

Gráfico 25. Red de países iberoamericanos en alimentos (2009)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

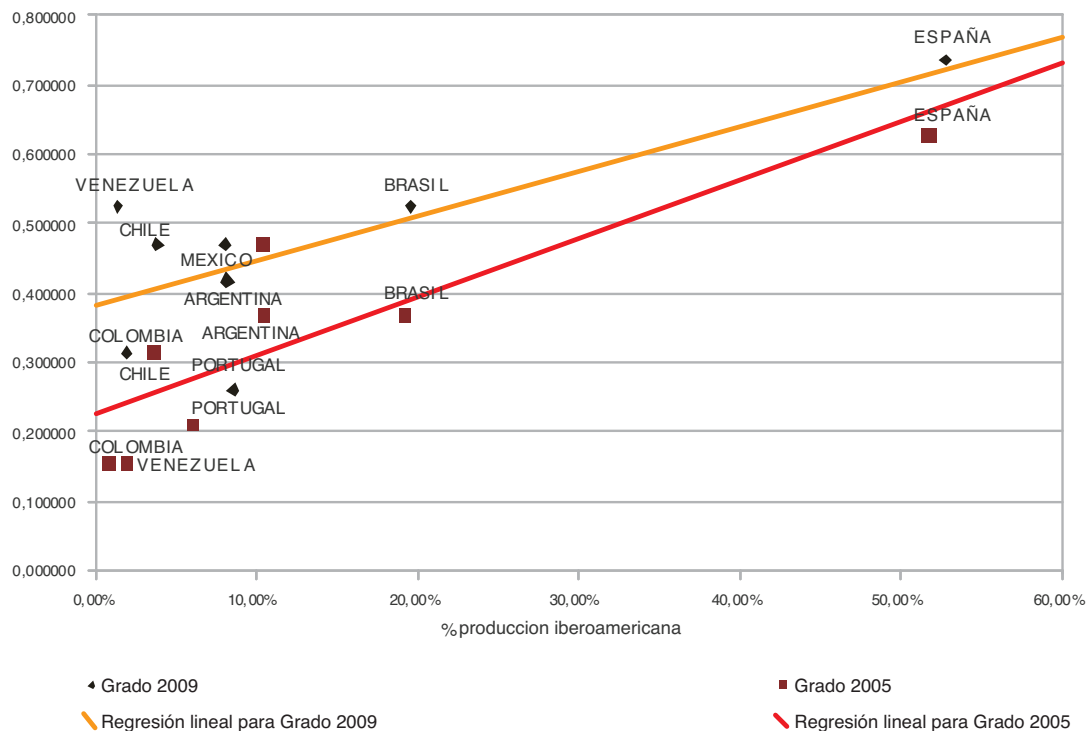
levemente por debajo de la línea de regresión a posicionarse levemente por arriba de la misma recta).

Los siguientes tres países iberoamericanos en cuanto a volumen de producción científica en alimentos presentan crecimientos moderados (Portugal) o incluso disminuciones (Argentina y México) en su participación relativa en la producción iberoamericana. En los casos de Portugal y Argentina, esa evolución diferencial se acompañó de un leve incremento de la centralidad en la conformación de redes iberoamericanas de producción científica en la temática (de 0,21 a 0,26 en el caso portugués y de 0,37 a 0,42 en el caso argentino) que, en el contexto global de crecimiento de las relaciones en la red, las posicionó por debajo de la recta de regresión hacia el final del período bajo análisis. México, en cambio, acompañó la disminución de su participación relativa en el volumen de la producción regional sin variaciones en los valores de su indicador de grado normalizado de interacciones (0,47).

Finalmente, Chile mantiene una posición similar en cuanto a la participación en la producción regional en los dos momentos analizados, pero aumenta su centralidad relativa en el contexto de creciente densidad de la red; Colombia aumenta su participación y su centralidad relativa; y Venezuela disminuye su participación en la producción iberoamericana pero incrementando su centralidad con mucha mayor intensidad que el resto de los países, como lo muestra su posición con respecto a la línea de regresión trazada en el gráfico.

Otra forma de conocer la centralidad de los países en la red de colaboración es en términos de su intermediación en las sendas por las que transita la información. El indicador de intermediación da cuenta específicamente de la frecuencia con que un nodo aparece en el camino más corto entre otros dos, medida que puede ser interpretada como indicador de la capacidad de controlar el flujo de información por parte de ese nodo, en este caso cada uno de los países de la región que publican en ciencia y tecnología de alimentos.

Gráfico 26. Grado normalizado y participación en la producción iberoamericana en ciencia y tecnología de alimentos



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.
 Nota: Se incluyen sólo aquellos países con más de 30 artículos en 2009.

El **Gráfico 27** presenta la distribución de los países iberoamericanos con mejor desempeño en esta materia en un plano definido por la participación porcentual en la producción regional total en el eje x y su intermediación en el eje y. Como en el gráfico anterior, es posible observar comparativamente la evolución de cada país en el contexto de la red, dado que los datos correspondientes al año 2005 se presentan en azul y los del año 2009 en rojo, trazándose en cada caso la línea de regresión para poder visualizar la posición relativa de cada país con respecto al conjunto. La **Tabla 2** presenta los datos que dan origen al

patrón de producción menos iberoamericano que nacional e, inclusive, extra-regional).

Entre el resto de los países que tienen mayor volumen de producción se observan en tal sentido situaciones diversas: mientras Portugal mantiene su baja capacidad de intermediación relativa en la red regional durante el período analizado, Argentina adquiere hacia 2009 una posición de articulación más importante que la que tenía hacia 2005 y México presenta un descenso fuerte de su intermediación en la red iberoamericana.

Tabla 1. Grado normalizado y participación en la producción en ciencia y tecnología de alimentos

PAÍS	Participación en la producción iberoamericana 2005	Grado 2005	Participación en la producción iberoamericana 2009	Grado 2009
ESPAÑA	51,61%	0,63	52,70%	0,74
BRASIL	19,12%	0,37	19,42%	0,53
PORTUGAL	5,95%	0,21	8,42%	0,26
ARGENTINA	10,32%	0,37	8,04%	0,42
MÉXICO	10,27%	0,47	7,93%	0,47
CHILE	3,53%	0,32	3,67%	0,47
COLOMBIA	0,68%	0,16	1,76%	0,32
VENEZUELA	1,74%	0,16	1,27%	0,53
URUGUAY	0,84%	0,16	1,02%	0,42
CUBA	1,37%	0,16	0,81%	0,58
PERÚ	0,32%	0,16	0,78%	0,53
COSTA RICA	0,58%	0,05	0,46%	0,21
ECUADOR	0,16%	0,05	0,35%	0,21
BOLIVIA	0,16%	0,10	0,21%	0,05
GUATEMALA	0,32%	0,21	0,21%	0,00
PANAMÁ	0,05%	0,10	0,11%	0,05
REPÚBLICA DOMINICANA	0,05%	0,00	0,04%	0,26
HONDURAS	0,05%	0,00	0,04%	0,00
NICARAGUA	0,00%	0,00	0,04%	0,05
EL SALVADOR	0,05%	0,00	0,00%	0,00

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

56

gráfico, pero para la totalidad de los países iberoamericanos con producción científica en alimentos en los dos años considerados.

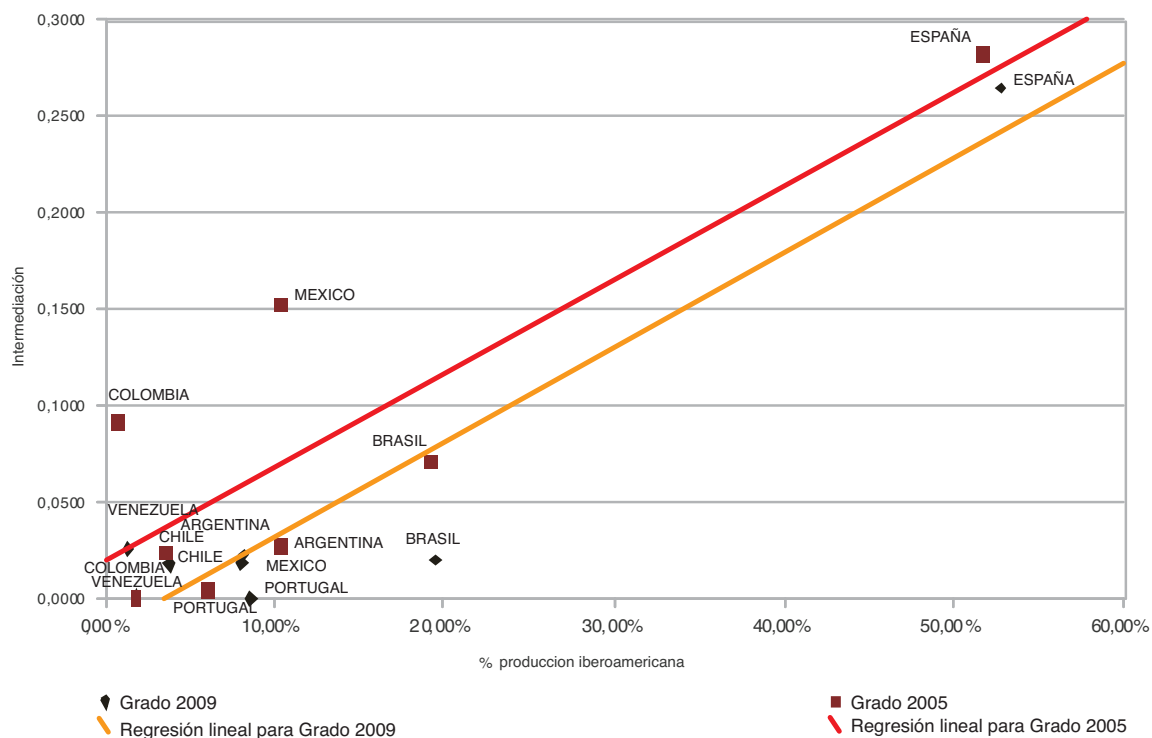
La primera evidencia a destacar es que, complementariamente a lo observado en el indicador de grado, la intermediación de España, a pesar del mantenimiento de su participación en la producción regional entre 2005 y 2009, se ha incrementado fuertemente. En este sentido, su papel como articulador de la red se vuelve más crítico.

Su seguidor, Brasil, muestra en cambio una estabilidad de su participación y de su intermediación, muy baja con relación al volumen de su producción. De esta manera, la posición de España en la red se ha vuelto más crítica al tiempo que la del líder latinoamericano ha disminuido (podría pensarse que como resultado de consolidar un

3.5. El entramado institucional de la ciencia y la tecnología de alimentos iberoamericana

El crecimiento de las publicaciones científicas firmadas conjuntamente por instituciones de más de un país, que se viene registrando en todo el mundo en las últimas décadas, da cuenta de la gran importancia que ha cobrado la cooperación internacional en ciencia y tecnología. Una de las posibles causas que contribuyen a explicar este fenómeno es la creciente especialización de numerosos campos científicos -que hace muchas veces necesario contar con infraestructuras de gran escala, lo que requiere una vinculación cada vez mayor entre diversas instituciones a nivel internacional- y el aumento del financiamiento público a la I+D, siguiendo fundamentalmente patrones geográficos preexistentes (de proximidad geográfica o cultural) y dinámicas de acceso a la “corriente principal de la ciencia” ligadas a tales patrones.

Gráfico 27. Intermediación y participación en la producción en ciencia y tecnología de alimentos



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.
 Nota: Se incluyen sólo aquellos países con más de 30 artículos en 2009.

Tabla 2. Intermediación normalizada y participación en la producción en ciencia y tecnología de alimentos

PAÍS	Participación en la producción iberoamericana - 2005	Intermediación 2005	Participación en la producción iberoamericana - 2009	Intermediación 2009
ESPAÑA	51,61%	0,28	52,70%	0,27
BRASIL	19,12%	0,07	19,42%	0,07
PORTUGAL	5,95%	0,00	8,42%	0,00
ARGENTINA	10,32%	0,03	8,04%	0,02
MÉXICO	10,27%	0,15	7,93%	0,02
CHILE	3,53%	0,02	3,67%	0,02
COLOMBIA	0,68%	0,09	1,76%	0,00
VENEZUELA	1,74%	0,00	1,27%	0,03
URUGUAY	0,84%	0,00	1,02%	0,02
CUBA	1,37%	0,00	0,81%	0,04
PERÚ	0,32%	0,00	0,78%	0,13
COSTA RICA	0,58%	0,00	0,46%	0,00
ECUADOR	0,16%	0,00	0,35%	0,00
BOLIVIA	0,16%	0,00	0,21%	0,00
GUATEMALA	0,32%	0,09	0,21%	0,00
PANAMÁ	0,05%	0,00	0,11%	0,00
REPÚBLICA DOMINICANA	0,05%	0,00	0,04%	0,00
HONDURAS	0,05%	0,00	0,04%	0,00
NICARAGUA	0,00%	0,00	0,04%	0,00
EL SALVADOR	0,05%	0,00	0,00%	0,00

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

En este sentido, el análisis de las copublicaciones entre las instituciones más productivas de Iberoamérica en la investigación ciencia y tecnología de alimentos ofrece un interesante panorama del entramado institucional de la producción científica en este campo, heredero del modelo de fuerte concentración en unos pocos países observado anteriormente.

Antes de avanzar en el análisis comparativo de la producción científica a nivel institucional, es importante resaltar que existen algunas particularidades en las estructuras de los sistemas científicos de los países iberoamericanos. Si bien la mayor parte de la investigación que tiene como canal de difusión la publicación en revistas internacionales se da en las universidades, en los casos de España y Argentina existen además consejos que, agrupando centros ejecutores de I+D (algunos de ellos con dependencia mixta con universidades), tienen una presencia muy fuerte en la producción científica.

Seis instituciones iberoamericanas dedicadas a la I+D se destacan del resto por el volumen de su producción científica en ciencia y tecnología de alimentos durante el período comprendido entre 2005 y 2009 (**Gráfico 28**). Dos consejos -el CSIC español y el CONICET argentino- aparecen entre ellas, pero hay que recordar que se trata de conformaciones institucionales distintas a las de las universidades. En el caso del CONICET, por ejemplo, en cerca del 75% de sus publicaciones existe participación de las distintas universidades de ese país, ya sea por ser sede de centros de dependencia conjunta o por ser lugar de trabajo de investigadores financiados por el Consejo. Es así como existe un solapamiento institucional que impulsa el destacado desempeño de este tipo de organizaciones existentes en la región.

La institución iberoamericana con mayor presencia en las publicaciones en ciencia y tecnología de alimentos en el SCI es el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) español. Además de su importancia en volumen, participando en 13,5% de la producción iberoamericana en ciencia y tecnología de alimentos, presenta un ascenso global del 34% prácticamente sostenido durante todo el período, excepto por la caída registrada en el año 2008.

Dentro del CSIC, se destacan cuatro institutos de investigación. En primer lugar el Instituto del Frío, ubicado en Madrid, y que cuenta con 331 publicaciones acumuladas en el SCI entre 2005 y 2009. En segundo lugar aparece el Instituto de Fermentaciones Industriales (IFI), también madrileño, y que alcanza las 297 publicaciones en el mismo período. La lista se completa con el Instituto de Agroquímica y Tecnología de Alimentos (IATA), de Valencia, con 262 publicaciones y el Instituto de la Grasa (IG) andaluz, con 251.

El Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) argentino aparece en segundo lugar en 2009, luego de seguir una trayectoria muy similar a la de la brasileña Universidad de San Pablo, acumulando el 4% de la producción iberoamericana en ciencia y tecnología de alimentos en el período bajo

análisis. Por otra parte, el consejo argentino registra también un acelerado crecimiento, duplicando la cantidad de artículos científicos anuales entre 2005 y 2009.

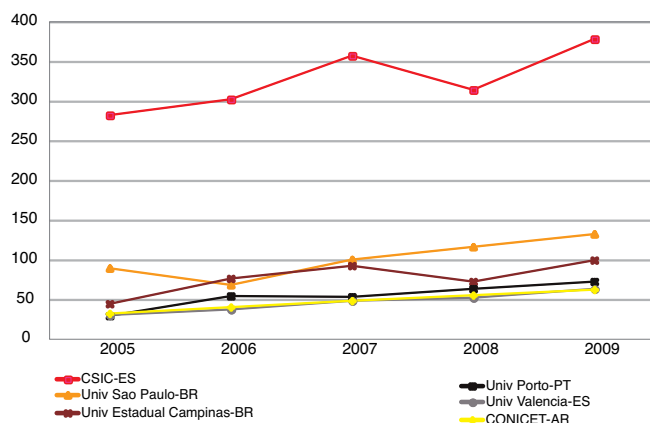
Dentro del CONICET aparecen dos centros de investigación de particular productividad. Por un lado el Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA), institución de dependencia compartida con la Universidad Nacional de La Plata, y que acumula 83 publicaciones en SCI entre 2005 y 2009. La otra unidad de marcada productividad es el Centro de Referencia para Lactobacilos (CERELA), de dependencia compartida con la Universidad Nacional de Tucumán, y que cuenta con 47 artículos registrados en SCI en el período analizado.

En el tercer y el cuarto lugar aparecen dos instituciones universitarias brasileñas: la Universidad de San Pablo (USP) y la Universidad Estadual de Campinas (UNICAMP), que representan, respectivamente, el 4,2% y el 3,2% de la producción iberoamericana en temas de ciencia y tecnología de alimentos. En el período 2005-2009, la USP asciende a ritmo sostenido (con sólo una pequeña disminución hacia 2006) consolidando su posición con un crecimiento del 48%, mientras que la UNICAMP presenta un crecimiento del 125% entre puntas (a pesar de la importante caída que registra en 2008) y conserva su tercer lugar.

Con trayectorias relativamente similares y volúmenes de producción prácticamente equivalentes, aparecen en el quinto y sexto puesto de la región la Universidad de Porto (Portugal) y la Universidad de Valencia (España), ambas participando en alrededor del 2% de la producción total de Iberoamérica entre 2005 y 2009. El crecimiento más fuerte, sin embargo, es el de la universidad portuguesa, cuyo incremento entre puntas asciende al 148%, en comparación con el 110% registrado por la universidad española.

El **Gráfico 29** presenta la red de colaboración entre las veintiséis instituciones iberoamericanas con mayor producción en ciencia y tecnología de alimentos, que cuentan con más de 30 registros en 2009. El volumen de los nodos da cuenta de la cantidad de publicaciones, mientras que los lazos representan artículos firmados en común y su grosor está dado por la cantidad de copublicaciones. Los artículos firmados por más de una institución han sido contabilizados por entero para ambas. Los colores de los nodos fueron asignados de acuerdo al país de la institución que representan: rojo para España, naranja para Argentina, negro para Brasil, amarillo para Portugal, marrón para Chile y blanco para México. Para la disposición de la red en el plano, al igual que en los grafos anteriores, se ha aplicado el algoritmo de Kamada-Kawai, que busca distribuir los nodos a distancias lo más uniformes posible y con la menor cantidad de cruces entre los enlaces, asignando fuerzas a cada uno de ellos como si fueran elásticos. La aplicación de este algoritmo tiene dos consecuencias que pueden apreciarse a simple vista. Por un lado, el centro del gráfico es ocupado por los nodos más conectados y, por el otro, los nodos más conectados entre sí tienden a agruparse en el espacio.

Gráfico 28. Publicaciones iberoamericanas en ciencia y tecnología de alimentos por institución



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.
 Nota: Se presentan las seis instituciones de mayor producción en 2009.

Consecuentemente, el centro del gráfico está ocupado por el CSIC español, la institución que resulta ser la más productiva de la región en el año considerado y que cuenta con el mayor número de enlaces, siendo la principal articuladora de la colaboración iberoamericana en ciencia y tecnología de alimentos, apoyada en buena medida en su política institucional de establecimiento de convenios de cooperación científica con los países latinoamericanos, vigentes para la mayor parte de los países de la región. Al mismo tiempo, se observa que las instituciones científicas se agrupan en el espacio de acuerdo al país al que pertenecen, dado que tienen mayores niveles de colaboración entre sí que con el conjunto de la red iberoamericana.

Dieciséis de las veinticinco instituciones presentadas son españolas, tres son argentinas, cuatro son brasileñas y las tres restantes corresponden a Portugal, Chile y México. Seis de las instituciones españolas presentes tienen vinculación directa con colegas de diferentes países. Se trata del CSIC, la Universidad Complutense de Madrid, la de Sevilla, la de Córdoba, la de Navarra y la de Vigo. Tres de ellas se vinculan con colegas portugueses, dos lo hacen con colegas argentinos, una con sus pares chilenos, otra con colegas mexicanos y otra con colegas brasileños. Otras universidades españolas, como la de Valencia, la Politécnica de Valencia, la de Zaragoza, la de Granada, la de Santiago de Compostela, la de Murcia, la de Castilla La Mancha y la de Barcelona, con volúmenes superiores o muy similares a las tres primeras universidades mencionadas, muestran en cambio un patrón de colaboración científica en la temática mucho más nacional entre las diferentes comunidades autónomas de España.

Las instituciones argentinas presentes entre las veinticinco más productivas de Iberoamérica son tres: el CONICET, la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) y la Universidad de Buenos Aires (UBA). A nivel regional el CONICET se vincula con la Universidad española de Sevilla, el CSIC, la Universidad de Chile y el IPN de México. La UNLP muestra un abanico importante de relaciones, vinculándose con sus pares brasileñas de San Pablo y Campinas, en España con el CSIC y la Universidad de Sevilla, y también con la Universidad de Chile. Por su parte, la UBA se conecta, fuera de Argentina, sólo con la Universidad de Sevilla.

Las instituciones brasileñas presentes en este conjunto se encuentran fuertemente conectadas, tanto entre ellas como a nivel internacional. Luego de la líder latinoamericana USP se destacan tres casas de altos estudios, la UNICAMP, la Universidad Federal de Río Grande del Sur (UFRGS) y la Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC). Sus vinculaciones iberoamericanas son con instituciones españolas, portuguesas y argentinas: las universidades de Navarra y Córdoba en España, la Universidad de Porto y la Universidad Nacional de La Plata. Es llamativo, sin embargo, que no existen lazos directos entre dos de los principales productores en esta temática: la USP y el CSIC.

A pesar de ser el tercer país de la región en cuanto al volumen de sus publicaciones en la temática, Portugal cuenta con sólo una institución entre las veinticinco más productivas en 2009. Se trata de la Universidad de Porto, que se vincula fuertemente con el CSIC español y mantiene lazos débiles con las universidades españolas de Vigo y Complutense de Madrid y con la brasileña Universidad Federal de Santa Catarina.

Por último, México y Chile cuentan con una institución cada uno entre las veinticinco más productivas de la región en 2009. Se trata del Instituto Politécnico Nacional (IPN) de México y de la Universidad de Chile, ambas vinculadas entre sí y con otras instituciones iberoamericanas. En el caso de la institución mexicana, tiene además lazos -aunque débiles- con la USP brasileña, la española Universidad Complutense de Madrid y el CONICET argentino. En el caso de la institución chilena, se vincula también con los dos Consejos de la región y con la UNLP argentina.

Como en el análisis de las redes de colaboración entre los países

iberoamericanos, y con el fin de dar cuenta de la relación entre el volumen de publicaciones de una institución y sus vinculaciones, el **Gráfico 30** presenta la distribución de las once instituciones iberoamericanas más productivas (los datos para la totalidad de las instituciones observadas en este apartado se presentan en la **Tabla 3**) en un plano definido por la cantidad de artículos publicados en SCI durante 2009 en el eje x y el grado normalizado (calculado como la cantidad de relaciones que tiene una institución, sobre el número total de relaciones posibles si estuviera conectado con todo el resto de los participantes) de cada nodo en el eje y. Se ha trazado también una línea de regresión para poder observar la posición relativa de cada uno con respecto al conjunto.

El CSIC español, la institución con mayor producción a nivel regional, presenta también la mayor centralidad de Iberoamérica, mostrando sus fuertes relaciones de colaboración con los demás países de la región en el campo de la ciencia y la tecnología de los alimentos. El CONICET argentino, en cambio, que aparece en el segundo lugar en cuanto a su volumen de producción, no presenta un nivel de conexión demasiado marcado, ubicándose justo sobre la línea de regresión.

Otras instituciones, significativamente todas ellas españolas, se destacan por la significativa diversidad de sus vínculos con otras instituciones iberoamericanas en relación con el pequeño volumen de su producción: se trata de las universidades de Granada, de Murcia,

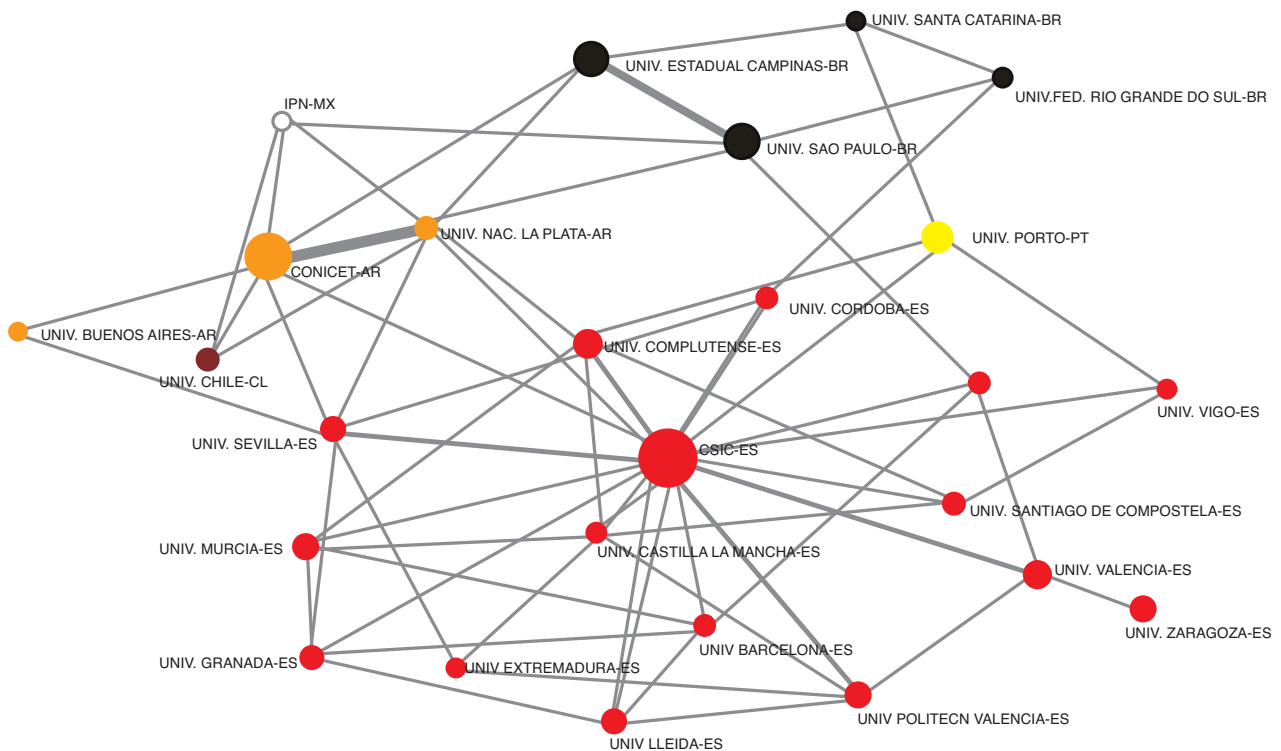
Politécnica de Valencia y de Santiago de Compostela. Sin embargo, su posición se debe exclusivamente a relaciones dentro de su propio país.

Por el contrario, las instituciones iberoamericanas ubicadas entre las once más productivas en ciencia y tecnología de alimentos en 2009 pero que menos vinculaciones regionales tienen son: las brasileñas USP y UNICAMP, las universidades españolas de Valencia y Zaragoza. Finalmente, la portuguesa Universidad de Porto, cuarta de la región según sus publicaciones en la temática en el año de referencia, en función de su muy baja centralidad relativa con respecto a las demás instituciones de la región, se sitúa exactamente sobre la línea de regresión.

3.6. La composición disciplinar de la ciencia y la tecnología de los alimentos

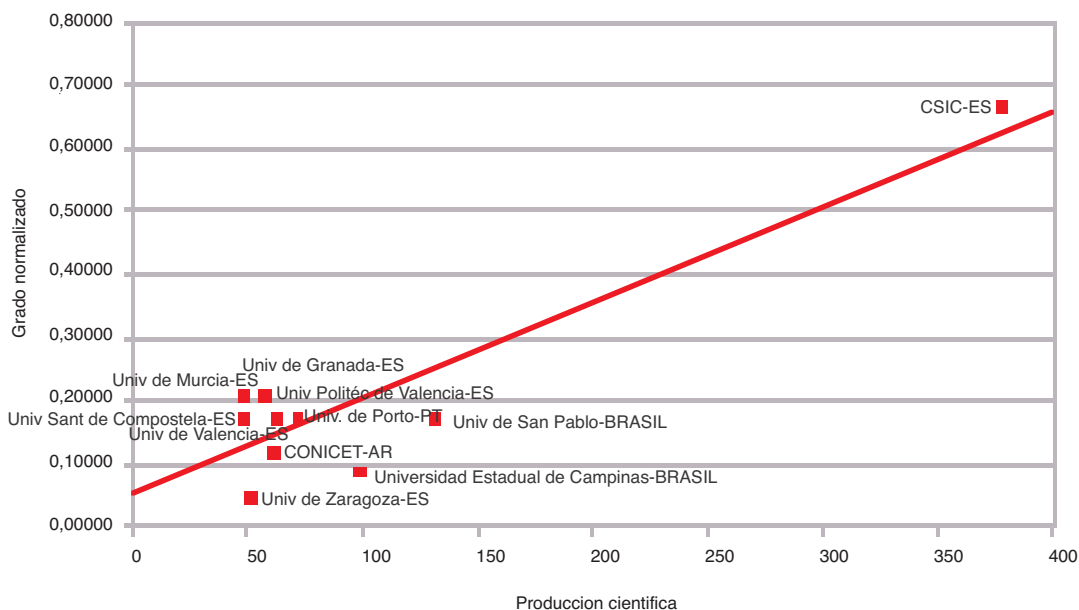
Las herramientas de análisis de redes permiten también dar cuenta de las tendencias, orientaciones y estructura de la investigación en el multidisciplinario campo de la ciencia y la tecnología de alimentos. Una fuente de gran calidad para ello son las citas a otros documentos que los autores incluyen en sus artículos, ya que de ellas puede extraerse la trama de temas a los que hacen referencia. Esas citas señalan trabajos que han sido publicados en otras revistas, a las que bases de datos internacionales como el SCI asignan disciplinas. Asumiendo que si un autor cita trabajos de dos disciplinas científicas diferentes es porque

Gráfico 29. Red de instituciones iberoamericanas a partir de la copublicación



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.
 Nota: Se presentan las veinticinco instituciones de mayor producción en 2009

Gráfico 30. Cantidad de publicaciones y grado normalizado de instituciones iberoamericanas



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.
 Nota: Se presentan las once instituciones de mayor producción en 2009.

Tabla 3. Publicaciones y grado normalizado de la red institucional

Instituciones	Producción científica	Grado normalizado
CSIC-ES	378	0,72
CONICET-AR	140	0,28
U SAO PAULO-BR	132	0,20
U EST CAMPINAS-BR	99	0,16
U PORTO-PT	72	0,16
U VALENCIA-ES	63	0,16
U POLI VALENCIA-ES	57	0,20
U ZARAGOZA-ES	52	0,04
U SANTIAGO DE COMP-ES	49	0,16
U GRANADA-ES	49	0,20
U MURCIA-ES	48	0,20
U NAC LA PLATA-AR	47	0,24
U CASTILLA LA MANCHA-ES	47	0,32
U LLEIDA-ES	46	0,16
U COMPLUTENSE MADRID-ES	46	0,24
U BARCELONA-ES	46	0,20
U SEVILLA-ES	44	0,32
U CORDOBA-ES	41	0,16
U FED SANTA CATARINA-BR	39	0,12
U NAVARRA-ES	33	0,16
U FED RIO GRANDE DO SUL-BR	33	0,12
U CHILE-CL	33	0,16
U VIGO-ES	32	0,12
IPN-MX	32	0,16
U EXTREMADURA-ES	32	0,16
U BUENOS AIRES-AR	32	0,08

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

Se destacan, además, tres bloques temáticos que mantienen estrechas relaciones directas con Química aplicada y presentan estructuras fuertemente ramificadas. El primero de esos bloques está liderado por otra importante disciplina antes referida: *Nutrición y dietética*, que mantiene, a su vez, relaciones radiales con otras catorce disciplinas: Medicina interna y general; Salud pública, medioambiental y laboral; Endocrinología y metabolismo; Enfermedades vasculares periféricas; Hematología; Ciencias del comportamiento (y, a través de ella, Psicología biológica); Corazón y sistema cardiovascular; Pediatría; Economía (a su vez relacionada con Política y economía agrícola); Geriátrica; Urología y nefrología; Odontología y estomatología; Psicología; y Drogodependencias; también en orden decreciente de citas recibidas.

Un segundo bloque temático directamente articulado a la disciplina troncal de la producción científica en alimentos de Iberoamérica se organiza alrededor de *Bioquímica y biología molecular*. Esta disciplina articula a otras quince áreas, pero presentando no la estructura apenas ramificada del bloque temático anterior, sino mostrando en su totalidad relaciones radiales con su núcleo. Es el caso, en orden decreciente de citas recibidas, de las áreas: Biofísica; Biología celular; Medicina e investigación; Genética y herencia; Biología; Neurociencias; Medicina y técnicas de laboratorio; Biología de la evolución; Fisiología; Zoología; Química inorgánica y nuclear; Matemática e informática biológica; Patología y Cirugía.

Finalmente, es posible distinguir un tercer bloque temático, más pequeño que los anteriores, directamente vinculado a Química aplicada y articulado alrededor de *Biología y microbiología aplicada*, con vínculos directos e indirectos con siete áreas. En orden decreciente de citas recibidas, ellas son: Microbiología (a su vez conectada con Enfermedades infecciosas y Virología), Inmunología, Ingeniería agrícola, Energía y combustibles, y Micología. A un nivel análogo se sitúa el bloque temático de Química Analítica en cuanto a cantidad de citas recibidas.

Menos articulados al núcleo representado por Química aplicada pero funcionando como generadoras de nuevas ramificaciones a su alrededor, cabe destacar dos disciplinas más:

- Ingeniería química, que se desempeña como la octava área de la región en términos cuantitativos, a su vez está estrechamente vinculada con Ingeniería mecánica (y, a través de ella, con Termodinámica), Mecánica, e Investigación operativa y ciencias de la administración (articulada con Administración de empresas y Economía y negocios); y
- Medio ambiente, subred temática organizada en torno a las disciplinas Recursos hídricos, Ingeniería medioambiental, Meteorología y ciencias atmosféricas, e Ingeniería civil.

Los **Gráficos 32 a 36** presentan las redes temáticas actuales correspondientes a los cinco principales países de Iberoamérica en materia de producción científica en alimentos. En los cinco casos se observan grandes

similitudes con la red emergente para el conjunto regional, tanto en términos de presencia de las disciplinas con más citas en la red iberoamericana, como de la estructura básica de nodos principales e interrelaciones. Sin embargo, y a partir de una comparación analítica más detallada, también es posible identificar algunas particularidades locales que podrían estar mostrando ciertas especializaciones temáticas nacionales. También cabe advertir que en aquellos países con menor volumen de producción científica relativa (Portugal, Argentina y México) algunas asociaciones temáticas entre disciplinas de escaso volumen son el resultado de muy pocas publicaciones, por lo que no serán tenidas en cuenta en el análisis.

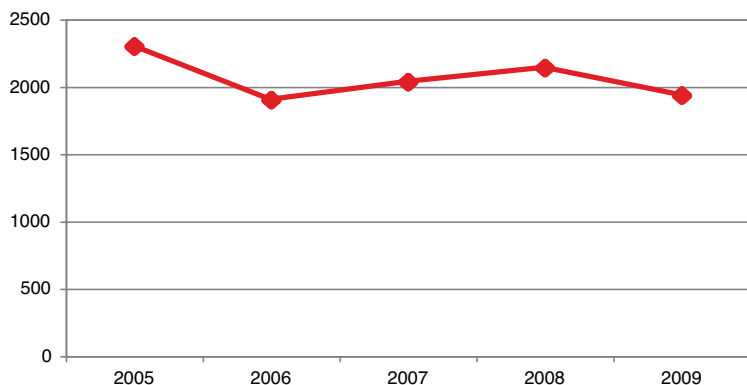
En el **Gráfico 32** se muestra la red temática resultante de las citas correspondientes a los artículos españoles en ciencia y tecnología de alimentos en 2009. Es una red compuesta por 98 disciplinas, cuya composición temática y estructura de nodos centrales resultan similares a las observadas en la red emergente para el conjunto de Iberoamérica. Las áreas más importantes en la red española concentran cada una, además, aproximadamente la mitad de las citas que reciben sus homólogas para el total iberoamericano, aspecto que reafirma nuevamente el peso relativo de este país en la producción científica en el campo de los alimentos.

Como pequeñas diferencias entre la red de España y la del total de Iberoamérica, cabe señalar que la subred temática organizada en torno al área de Nutrición y dietética supera levemente al conjunto iberoamericano en cantidad de disciplinas articuladas (19 en lugar de 16). Al interior de ella, incluso, se observa que la sub-disciplina Política y economía agrícola presenta numerosas ramificaciones, vinculándose no sólo con Economía como en la red emergente para el total de la región, sino con Psicología y otras tres áreas que en Iberoamérica en su conjunto aparecían conectadas entre sí pero ligadas a Ingeniería química: Economía y negocios, Administración de empresas, e Investigación operativa y ciencias de la administración. Asimismo, Nutrición y dietética está relacionada en la producción científica española en el campo de los alimentos con las áreas de Medicina e investigación y de Gastroenterología y hepatología (que aparecían vinculadas a Bioquímica y biología molecular y a Química aplicada, respectivamente, en el conjunto iberoamericano).

El **Gráfico 33** presenta la red de disciplinas elaborada a partir de las citas realizadas por los artículos brasileños en ciencia y tecnología de alimentos publicados en 2009. En este caso, se observa una red temática compleja y fuertemente diversificada, compuesta por 103 disciplinas y cuya estructura básica presenta similitudes generales con la del total iberoamericano pero refleja además interesantes diferencias que podrían estar mostrando especializaciones temáticas locales.

La primera de esas diferencias es que la subred temática conformada alrededor de Bioquímica y biología molecular muestra en Brasil un desarrollo significativamente mayor

Gráfico 37. Evolución del número de patentes concedidas en ciencia y tecnología de alimentos



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

sostenida tendencia decreciente, alcanzando hacia 2009 una caída del 29% con respecto al primer año de la serie.

El segundo puesto lo ocupa Japón que, con 2.060 títulos y representando el 20% de las patentes del mundo en alimentos, sigue un comportamiento prácticamente idéntico al del patentamiento mundial, aunque mostrando una fuerte caída en 2009. Las cinco mejores posiciones del mundo en el desarrollo tecnológico en esta temática se completan con Holanda, Alemania e Inglaterra, los dos primeros aunque son países que no se encontraban entre los líderes en publicaciones y que reúnen, cada uno de los tres, un volumen de patentes obtenidas notoriamente menores al de Estados Unidos (alrededor del 9% del total de registros mundiales durante el período de referencia). Holanda, además, muestra una evolución bastante diferente a la del total mundial, ya que si bien registra un descenso el primer año del período analizado, luego muestra una moderada pero sostenida tendencia creciente y es el único país entre los cinco principales a nivel internacional que cuenta con saldo positivo hacia 2009 (7%).

Resulta llamativo también que España, China e Italia ocupen, respectivamente, los puestos 13, 14 y 11 en las patentes del campo de la ciencia y la tecnología de los alimentos, muy lejos de las posiciones líderes que desempeñan en el ranking de publicaciones.

El **Gráfico 41** permite observar el patentamiento en ciencia y tecnología de alimentos de los cinco principales países iberoamericanos en esta materia durante 2005-2009. Se trata de

prácticamente los mismos países que los que concentran la mayor producción científica en este campo para los mismos años, con algunas diferencias. Por un lado, aparece Chile, que no se encontraba entre los cinco países iberoamericanos con mayor producción científica en alimentos, desplazando a Argentina y ocupando el quinto lugar; por otro lado, Portugal y México cambian sus posiciones, ocupando México el tercer lugar y Portugal el cuarto dentro de los cinco países con mayor número de patentes en ciencia y tecnología de alimentos de la región iberoamericana.

El desempeño de España se destaca nuevamente por concentrar la mayoría (56,1%) de las patentes iberoamericanas en alimentos y su crecimiento sostenido en todo el período, ascendiendo de 41 títulos en 2005 a 47 registros en 2009. En el segundo lugar se encuentra Brasil, mostrando una evolución creciente hasta el año 2008 (cuando alcanza un aumento del 55% con respecto a 2005) y, posteriormente, un fuerte descenso que lo lleva a caer al tercer puesto de la región en 2009 y sumar la misma cantidad de patentes que hacia el primer año de la serie. El tercer lugar en materia de patentes en alimentos lo ocupa México, que en 2009 pasa a ocupar el segundo lugar gracias a su crecimiento del 55% respecto de 2005. Portugal y Chile ocupan el cuarto y quinto puesto de Iberoamérica, aunque con un volumen relativamente bajo de patentes como para establecer tendencias durante el período 2005-2009.

En el **Gráfico 42** se observa la participación acumulada de cada país iberoamericano en el conjunto de las patentes de invención en ciencia y tecnología de alimentos de la región durante 2005-2009. España sobresale notoriamente por su gran volumen de títulos registrados, con 233 patentes. Brasil ocupa el segundo puesto con 70 títulos. En tercer lugar se ubica México, que registra 63 patentes. Portugal, en el cuarto lugar, presenta 14 títulos y Chile, en el quinto, con 12 patentes en alimentos. A esos cinco países iberoamericanos siguen, en orden decreciente, Argentina, con 9 patentes; Colombia, con 6; Ecuador, con 5; Costa Rica, Panamá y Perú con 3; Cuba y Uruguay con 2 títulos, y Honduras y Venezuela con 1 registro cada uno. El panorama, en resumen, es el de una presencia muy limitada de los países iberoamericanos, con las solas excepciones de los europeos España y Portugal y de los latinoamericanos Brasil y México. Esto muestra una trayectoria común a la mayor parte de los países latinoamericanos, en los que el sector privado (principal actor en el

registro de patentes de invención) no resulta demasiado dinámico en las actividades de I+D que pueden dar como resultado títulos de propiedad industrial.

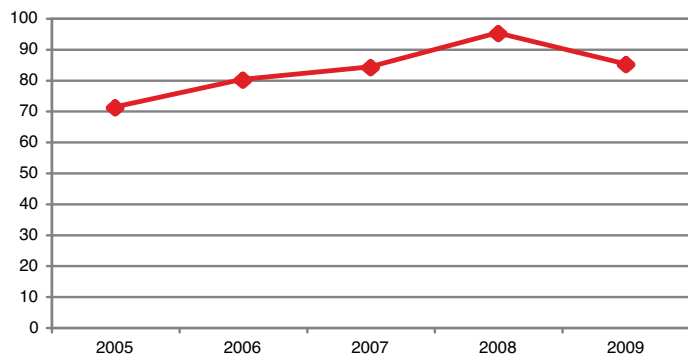
Los documentos de patente, además de los datos correspondientes a los titulares de cada invención -quienes tienen todos los derechos de explotación o licenciamiento- cuentan con información sobre el o los inventores que participaron de su concepción, aunque sólo se trata de un reconocimiento al trabajo intelectual, sin derechos de propiedad sobre el invento en cuestión. Este dato informa acerca de la actividad desempeñada por los tecnólogos de cada país en el campo temático que se estudie, aunque dando cuenta de la nacionalidad y no del lugar de trabajo fuera de su país de origen.

Si se observa la participación de los inventores de cada país en el conjunto de las patentes otorgadas, entre los países más activos en el mundo en el campo de los alimentos, la posición alcanzada no presenta grandes variaciones con respecto al ranking de los titulares, manteniéndose Estados Unidos y Japón en los dos primeros puestos y con una proporción de patentes publicadas con inventores de su nacionalidad casi idéntica a la de los titulares. Esta información se presenta en el **Gráfico 43**, incluyendo además la relación de posiciones correspondiente a los quince países del mundo con mayor presencia entre los inventores en este campo temático.

Sin embargo, cabe precisar algunas diferencias. Primero, se destacan los casos de Alemania y Holanda, que intercambiaron posiciones con el ranking de los titulares, pasando a ubicar Alemania el tercer lugar y Holanda el cuarto entre los inventores. Segundo, sobresale Francia, que ocupaba el séptimo lugar en el ranking de los titulares y asciende al quinto puesto entre los inventores (en desmedro de Inglaterra, quinto país entre los titulares y que entre los inventores pasa a ocupar la sexta posición). Tercero, cabe señalar que ninguno de estos cuatro países (Alemania, Holanda, Francia e Inglaterra) figuraban entre los de mayor producción científica en alimentos.

En Iberoamérica puede observarse que los principales países en materia de inventores de las patentes en alimentos resultan prácticamente los mismos que concentraban la mayor cantidad de titularidades (**Gráfico 44**). Sin embargo, hay algunas muy pequeñas diferencias que cabe apuntar: Panamá y Uruguay, en los puestos 10 y 13 del ranking de titulares aunque sólo con 3 y 2 títulos

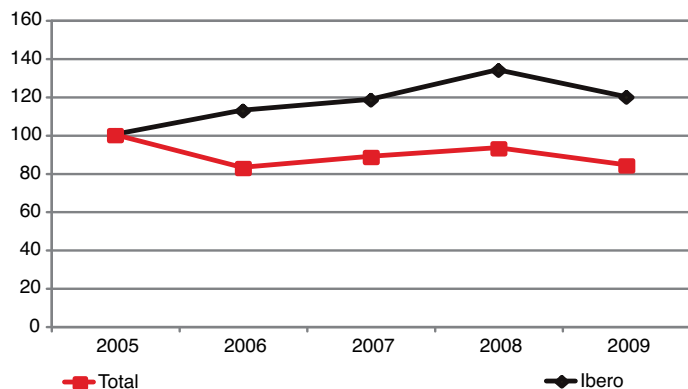
Gráfico 38. Evolución del número de patentes concedidas a titulares iberoamericanos



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

70

Gráfico 39. Patentes ciencia y tecnología y total de titulares iberoamericanos



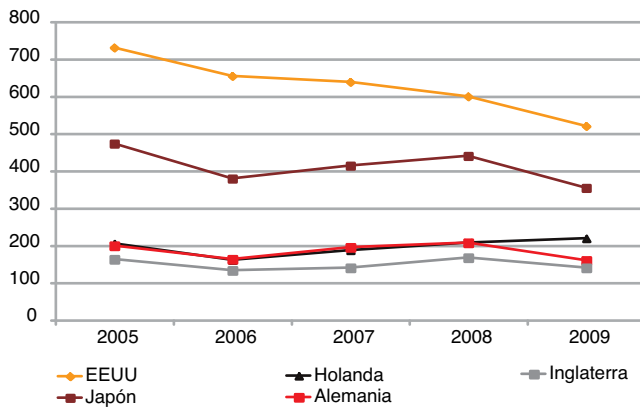
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

respectivamente, no cuentan con inventores de esa nacionalidad. Si bien se trata de números muy reducidos, tiene cierto interés notar que las empresas panameñas y uruguayas en este terreno están basando el desarrollo de sus nuevos productos en la relación con técnicos o investigadores extranjeros.

Por otra parte, Perú, Cuba, Honduras y Venezuela, aunque con muy pocas patentes que no permiten establecer tendencia alguna, ascienden uno o dos puestos cada uno en materia de títulos con inventores de sus países con respecto a las posiciones ocupadas en la titularidad.

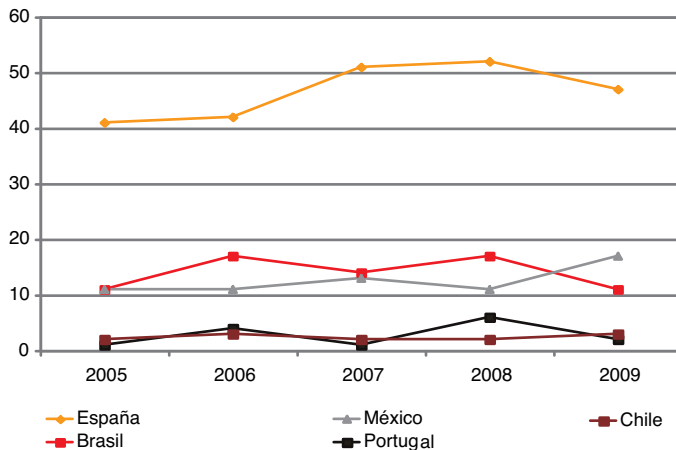
El **Gráfico 45** muestra la relación entre la titularidad y la participación de inventores en patentes de ciencia y tecnología de alimentos de los países iberoamericanos que tienen más de cinco registros durante 2005-2009. Según los países, esa relación puede tener que ver con dos aspectos bien diferentes: por un lado, las características de sus sistemas de desarrollo tecnológico e innovación, que pueden ser más o menos propensos al patentamiento; por el otro, la proyección internacional de sus investigadores, que puede llevarlos a puestos de trabajo en empresas multinacionales con una fuerte tendencia a patentar sus desarrollos. En ambos casos, la relación puede expresarse como el número de patentes con inventores de un país, sobre la cantidad de patentes con inventores locales.

Gráfico 40. Patentes de los principales países del mundo según su titular



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

Gráfico 41. Patentes de los principales países iberoamericanos según su titular



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

Como puede observarse, se presenta una relación muy equitativa entre la participación de los inventores y la titularidad de las patentes en alimentos para la amplia mayoría de los países con desarrollo tecnológico en este campo en Iberoamérica (con 1,00 o valores muy próximos). Sin embargo, en Portugal, que es uno de los principales países de la región en esta materia, la relación es negativa (0,79), lo que implica que sus empresas están utilizando la labor de extranjeros para el desarrollo de nuevos productos. También Ecuador, aunque con un volumen de patentes mucho menor, presenta una relación negativa (0,6) que podría deberse a que no posee gran masa crítica en materia de ciencia y tecnología de alimentos en el país.

En líneas generales se observa una muy escasa relación entre los investigadores e ingenieros de los países iberoamericanos con empresas internacionales. Mientras que la relación entre titularidad y participación de inventores en ciencia y tecnología de alimentos se mantiene cercana a 1 en casi

todos los casos, en disciplinas como la nanotecnología o la biotecnología se pueden observar patrones muy diferentes.

El caso más llamativo en ese sentido es el de Argentina. Mientras que presenta una relación de 1 a 1 en las patentes en el sector de alimentos, en nanotecnología se puede observar la presencia de 12 argentinos como inventores por cada patente de su titularidad, mientras que en biotecnología esa relación asciende a 10.

4.2. Principales titulares de patentes en ciencia y tecnología de alimentos

A nivel mundial, la titularidad de las patentes en el campo de la ciencia y la tecnología de alimentos está centrada en torno a grandes empresas multinacionales. En los diez primeros lugares en cuanto a volumen de patentamiento, entre 2005 y 2009, se ubican todas empresas de este tipo, sin la presencia de ninguna institución del sector académico o de centros de investigación y desarrollo.

El **Gráfico 46** presenta el número acumulado de registros publicados bajo su titularidad de los diez agentes más frecuentes a nivel mundial. El principal titular a nivel mundial es la empresa Unilever, que acumula un total de 321 documentos, que equivalen al 3,1% del total de registros asentados en la WIPO en el periodo bajo análisis en este informe.

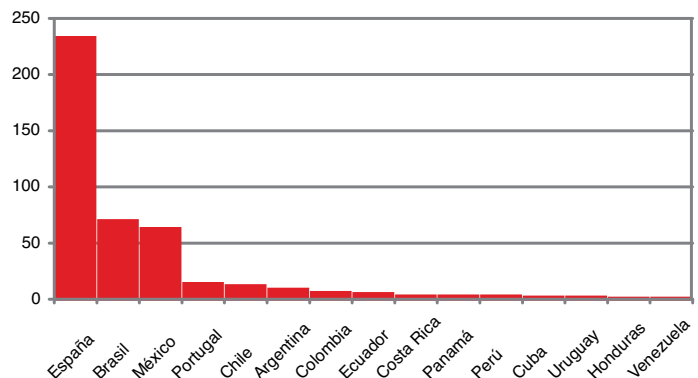
72

Con un volumen muy similar, aparece a continuación la empresa Nestec. Esta alcanza un total de 285 patentes bajo su titularidad, equivalentes a un 2,8% del total mundial. El tercer lugar lo ocupa la empresa DSM, aunque aparece con un nivel sensiblemente menor. Esta empresa, con 162 registros, representa el 1,6% del total de patentes publicadas en la WIPO en esta temática.

En el ámbito iberoamericano, el panorama es diferente en diversos sentidos. En primer lugar, el peso de España en la titularidad de patentes es abrumador. Si se consideran los titulares de al menos cinco patentes en ciencia y tecnología de alimentos entre 2005 y 2009 (**Gráfico 47**), lo que incluye a catorce titulares diferentes, trece de ellos son españoles. El único de otra nacionalidad es mexicano, y cuenta con sólo cinco registros a su nombre.

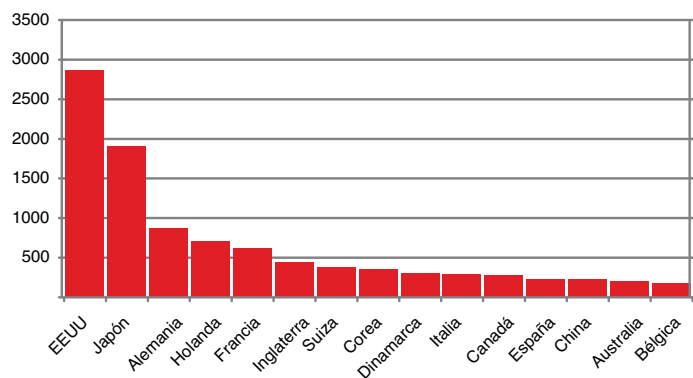
El segundo punto interesante es la presencia del CSIC español como máximo titular de patentes. En el periodo analizado, el CSIC alcanzó un total de 26 registros, equivalentes al 6,3% del total iberoamericano y a un 11% del total de los registros de titularidad

Gráfico 42. Patentes de los países iberoamericanos según su titular



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.
Nota: Acumulado 2005-2009.

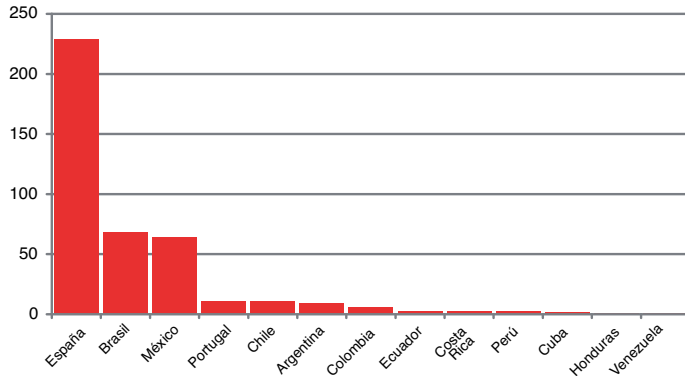
Gráfico 43. Patentes en ciencia y tecnología de alimentos según país del inventor



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.
Nota: Acumulado 2005-2009.

española. A diferencia del panorama observado a nivel mundial, el liderazgo iberoamericano en patentes en ciencia y tecnología de alimentos lo detenta una institución de investigación y del sector público, dando cuenta de un débil entramado empresarial en la región, incluso en el país más desarrollado de Iberoamérica.

Gráfico 44. Patentes en alimentos según país iberoamericano del inventor

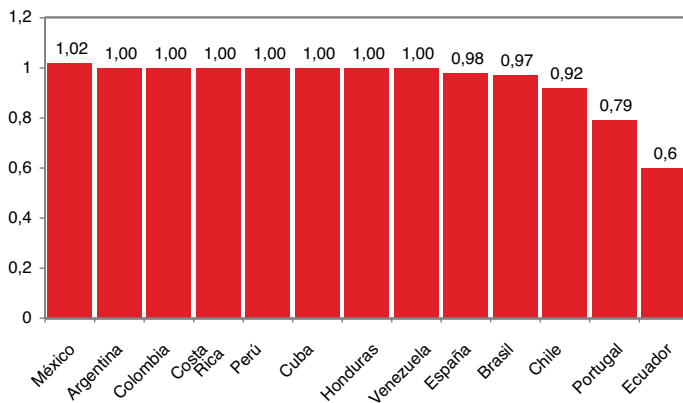


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.
Nota: Acumulado 2005-2009.

El tercer y cuarto lugar regional en cuanto a la titularidad de patentes en esta temática está ocupado por empresas españolas, aunque ambas cuentan con menos de la mitad de las patentes que posee el CSIC. Se trata de Natraceutical -una empresa de base biotecnológica centrada en la generación de productos alimenticios y para la salud- y Metalquimia, empresa dedicada a la construcción de líneas de producción para el sector de la carne.

El último punto a destacar es que entre los catorce mayores titulares a nivel iberoamericano, diez son personas físicas. Se trata, sin embargo, de un fenómeno muy llamativo, en la medida en que muchos de ellos tienen cinco patentes obtenidas en el período: un promedio de una patente por año. En algunos casos, esto puede ser parte de una estrategia empresarial sobre propiedad intelectual. Por ejemplo, siete patentes publicadas en este periodo figuran bajo la titularidad de Narcis Lagares Corominas, uno de los fundadores de la empresa española Metalquimia. Sin embargo, en otros casos puede evidenciar nuevamente una debilidad del sector empresarial en la región. Si no se cuenta con capacidad adecuada para la producción y comercialización, la titularidad de patentes por parte de personas físicas puede poner en duda la explotación industrial del invento registrado.

Gráfico 45. Relación entre titularidad y participación de inventores



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.
Nota: Se incluyen sólo aquellos países con más de 5 patentes. Acumulado 2005-2009.

4.3. Los campos de aplicación de la ciencia y tecnología de alimentos

Con el objeto de dar cuenta de los campos de aplicación tecnológica de las patentes recopiladas en este estudio, se pueden utilizar los códigos internacionales de clasificación de patentes (IPC). Se trata de una clasificación de carácter jerárquico y que tiene una profundidad de hasta seis dígitos, por lo que la información puede manejarse a niveles de desagregación variables.

En el **Gráfico 48** se presenta la evolución de los cinco principales códigos IPC a tres dígitos del total mundial de patentes en ciencia y tecnología de alimentos registrado para 2005-2009 en la base de datos del convenio PCT. Dado que una misma patente puede poseer varios códigos IPC, muchas veces estos códigos se superponen; este

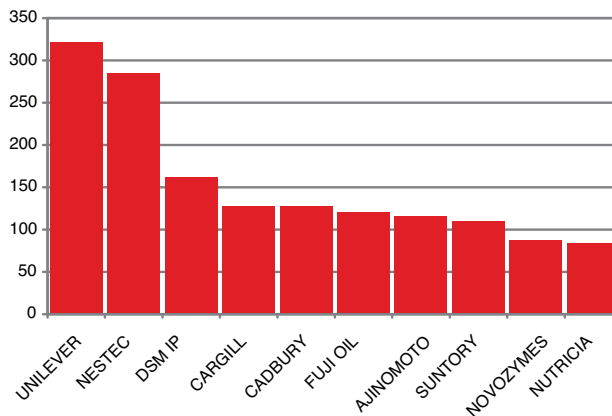
análisis se realiza sobre la base de la consideración de todos los códigos IPC en los que cada una de las patentes estudiadas ha sido técnicamente clasificada, para más adelante exponer las redes temáticas conformadas por tales interrelaciones.

Considerando el volumen acumulado para el período, en orden decreciente los principales campos de aplicación de las patentes de invención en alimentos son: *Alimentos o productos alimenticios y su tratamiento* (A23, con 8.897 registros); *Ciencias médicas o veterinarias* (A61, con 2.733), *Cocción en horno* (A21, con 987 patentes relativas, entre otros aspectos, al equipamiento para la preparación o el tratamiento de masas para cocción en horno), *Bioquímica* (C12, con 930 títulos de propiedad industrial dedicados a cerveza; bebidas alcohólicas; vino; vinagre; microbiología; enzimología; y técnicas de mutación o de genética), *Química orgánica* (C07, con 649); y *Carnicería* (A22, con 511 registros referidos al tratamiento de la carne, las aves o el pescado).

Todos los campos de aplicación dominantes en el mundo en materia de desarrollo tecnológico en alimentos registran, durante los años analizados aunque con algunos matices entre ellos, una tendencia decreciente que va de una mengua del 11% en el caso de Alimentos (el campo líder a nivel internacional), a un descenso del 66% en el caso de Carnicería (en el sexto lugar), con una fuerte caída hacia el año 2006 y una posterior pero leve recuperación hacia mediados del período considerado fundamentalmente en los casos de Alimentos, Ciencias médicas o veterinarias y Química orgánica.

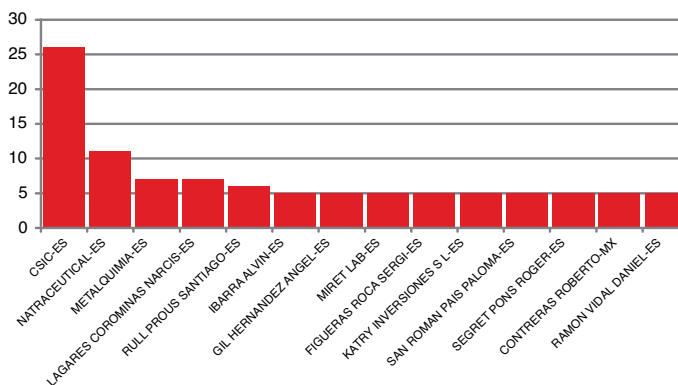
En Iberoamérica y considerando nuevamente el volumen acumulado para el período, como muestra el **Gráfico 49** los cinco primeros campos de clasificación de las patentes en alimentos son los mismos que los observados para el total mundial aunque con leves diferencias de ordenamiento. Los dos primeros puestos son equivalentes a los del total mundial: *Alimentos* (A23, con 371 registros) y *Ciencias médicas o veterinarias* (A61, con 90 patentes). En tercer lugar aparece *Bioquímica* (C12, con 38 registros), cuarto campo de aplicación en el total mundial. *Química orgánica* (C07, con 29 títulos) asciende del sexto al cuarto lugar y *Cocción en horno* (A21, con 27 patentes) pasa del tercer puesto en el total mundial al quinto en el contexto iberoamericano. Finalmente, en el sexto lugar (al igual que para el total mundial) aparece *Carnicería* (A22, con 25 registros).

Gráfico 46. Patentes por titular



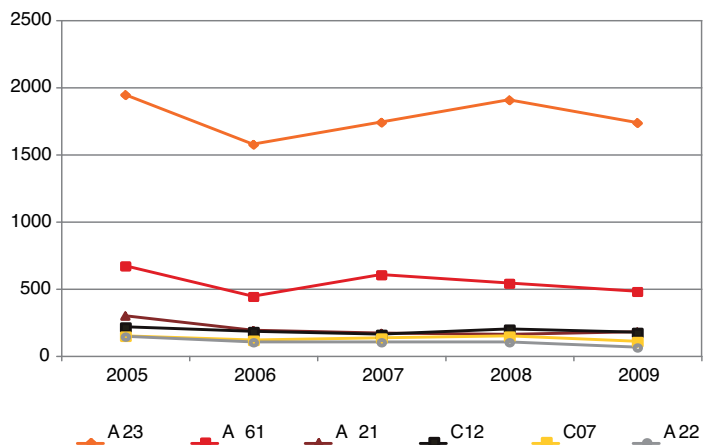
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.
Nota: Acumulado 2005-2009.

Gráfico 47. Patentes por titular iberoamericano



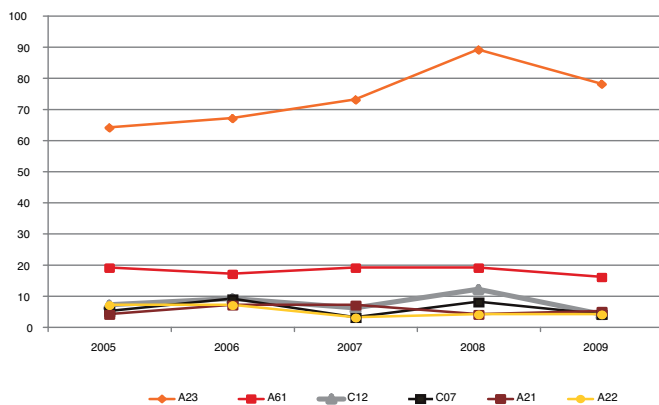
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.
Nota: Acumulado 2005-2009.

Gráfico 48. Principales códigos IPC (3 dígitos) en total de patentes en alimentos



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

Gráfico 49. Principales códigos IPC (3 dígitos) en Iberoamérica en alimentos



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

La evolución de los cinco principales campos de aplicación de las patentes en alimentos iberoamericanos es, sin embargo, levemente diferente que la de sus pares del total mundial. En el caso de Alimentos, líder mundial e iberoamericano en los títulos de propiedad industrial referidos a ciencia y tecnología de alimentos, se observa una constante tendencia creciente a lo largo del período, con un pico de ascenso que alcanza el 39% en el año 2008 para luego descender quince puntos porcentuales en 2009. Evidentemente, este código de clasificación resulta sumamente amplio, por lo que su contenido será desagregado más adelante en este informe.

Cocción en horno, el quinto campo de aplicación en alimentos en importancia para Iberoamérica, presenta el mayor crecimiento sostenido del grupo durante los años 2006 y 2007, para luego caer a los valores de 2005 hacia 2008 pero recuperándose inmediatamente en 2009. Los años 2006 y 2008 muestran crecimientos significativos para los campos de Bioquímica (29% y 71%, respectivamente) y Química orgánica (80% y 60%, respectivamente), aunque en 2009 presentan fuertes descensos en sus registros.

En el **Gráfico 50** se presenta la composición comparada de los campos de aplicación a tres dígitos de Iberoamérica como conjunto y de los principales países de la región en materia de desarrollo tecnológico en alimentos durante 2005-2009. A este nivel de desagregación se observa una especialización tecnológica bastante homogénea en cuanto a los campos de clasificación implicados (con la sola excepción de Chile, que no cuenta con patentes clasificadas con el código A21, Cocción en horno). Cabe destacar, de todas maneras, algunos pequeños matices en cuanto al peso que tienen los principales campos de aplicación en cada país iberoamericano considerado.

El código de clasificación A23 (Alimentos o productos alimenticios) concentra dos terceras partes o más de las patentes en ciencia y tecnología de alimentos de Iberoamérica como región (64%), de España (62%), de Brasil (74%), de México (73%) y de Chile (65%). En el caso de Portugal, en cambio, este campo de aplicación representa sólo el 36% de las patentes, si bien es el campo más importante en ese país. El campo A61 (Ciencias médicas o veterinarias) sólo tiene una presencia superior a la media iberoamericana (16%) en Chile (18%), igual o cercana a la región en su conjunto en España, Portugal (ambos con 16%) y Brasil

(14%), e inferior en el caso de México (9%).

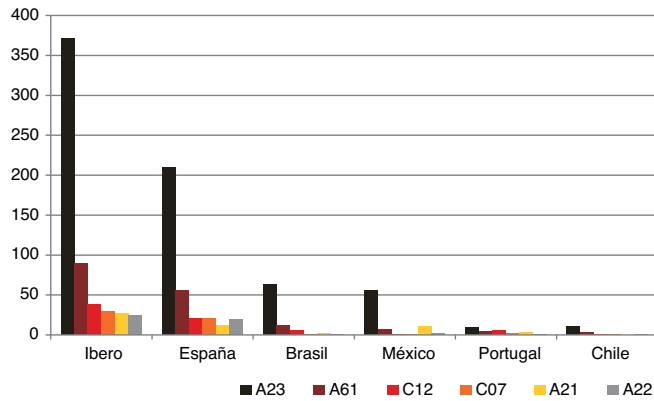
El código C12 (Bioquímica) concentra más de tres veces el valor de la media iberoamericana (7%) en el caso de Portugal (24%), mientras que el código A21 (Cocción en horno) supera el doble del patrón registrado para el conjunto regional (5%) en los casos de México (12%) y Portugal (13%), a diferencia de Chile que no registra patentes en este campo.

Para obtener perfiles de especialización más detallados, se ha analizado la producción tecnológica de la región iberoamericana y de los principales países utilizando la clasificación IPC a cuatro dígitos. Esa información se presenta en los **Gráficos 51 a 54**.

En el **Gráfico 51** se pueden observar los principales campos de aplicación a cuatro dígitos de patentes iberoamericanas en ciencia y tecnología de alimentos correspondientes al período 2005-2009. Se destacan muy especialmente cinco temáticas: *Alimentos, productos alimenticios o bebidas no alcohólicas; su preparación o tratamiento; y preservación de alimentos o productos alimenticios en general* (A23L, que suma 216 registros de propiedad industrial y concentra el 50% de las patentes iberoamericanas); *Preparaciones para propósitos médicos, dentales o higiénicos* (A61K, con 82 registros y equivalente al 20% aproximadamente); *Alimentos para animales* (A23K, con 55 títulos y representando el 12% de las patentes); *Conservación de carne, pescado, huevos, frutas, verduras, semillas comestibles; maduración química de frutas y verduras; productos conservados, madurados o enlatados* (A23B, con 45 registros); y finalmente *Leche y productos lácteos; sustitutos de la leche o el queso y su fabricación* (A23C, con 43 patentes), los dos últimos campos con el 10% de las patentes iberoamericanas.

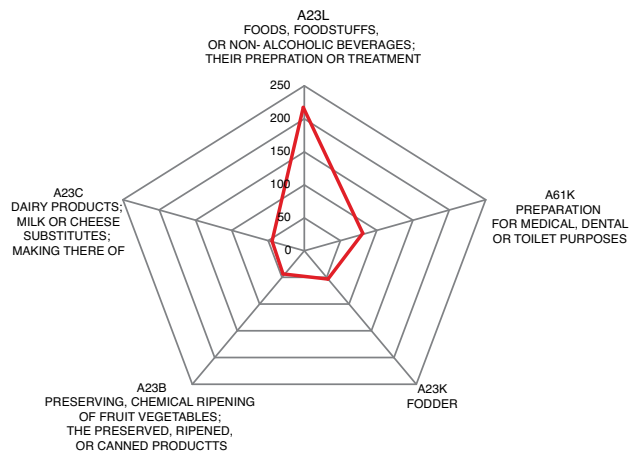
En España y Brasil, durante el mismo período, se observa una especialización temática muy similar a la iberoamericana en la clasificación de IPCs a 4 dígitos (**Gráficos 52 y 53**), tanto a nivel de los campos de aplicación presentes en sus patentes en alimentos como a sus posiciones relativas. La única diferencia que presentan es con respecto al campo A23C (*Productos lácteos*), que no está presente en ninguno de ambos países. En España, en cambio, entre los cinco principales campos de aplicación figura -y en el tercer puesto- A23G (referido a *Cacao y chocolate, productos alimenticios de confitería y helado*), concentrando el 10% de

Gráfico 50. Especialización tecnológica a partir de códigos IPC (3 dígitos) en alimentos



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.
Nota: Acumulado 2005-2009.

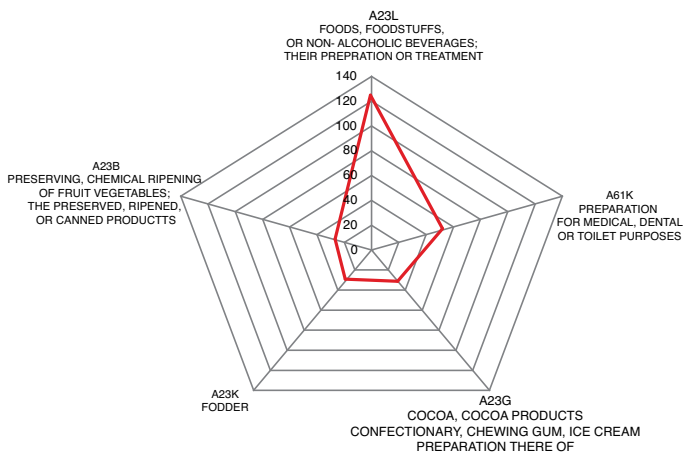
Gráfico 51. Especialización tecnológica iberoamericana (IPC a 4 dígitos)



Nota: Acumulado 2005-2009.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

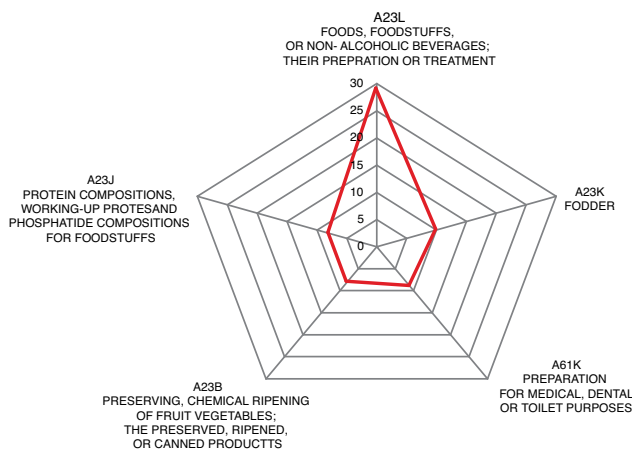
las patentes españolas. En el caso de Brasil, en el quinto lugar aparece el campo A23J (*Composiciones a base de proteínas y fosfátidos para la alimentación*), equivalente al 13% de las patentes registradas por ese país latinoamericano.

Gráfico 52. Especialización tecnológica española (IPC a 4 dígitos)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.
Nota: Acumulado 2005-2009.

Gráfico 53. Especialización tecnológica brasileña (IPC a 4 dígitos)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.
Nota: Acumulado 2005-2009.

México también presenta una composición de campos de aplicación a cuatro dígitos de patentes similar a la iberoamericana (**Gráfico 54**). Sólo cabe señalar que en este país el campo A61K presente en Iberoamérica en el segundo lugar es reemplazado por A21D (*Tratamiento de la harina o de la masa, productos de panadería y su conservación*), también en el segundo lugar y reuniendo el 13% de las patentes del país.

Una perspectiva complementaria a la descripción de los ámbitos de clasificación presentes en las patentes del campo de la ciencia y la tecnología de los alimentos, integrado por diferentes campos de aplicación que se relacionan entre sí, puede ofrecerla la proporcionada por las herramientas de análisis de conglomerados. Este tipo de herramientas puede ofrecer un panorama detallado de la trama básica de la especialización tecnológica mundial e iberoamericana presente en el *corpus* de las patentes en alimentos, en tanto permite clasificarlas en grupos o conglomerados (*clusters* según la denominación en inglés). Una fuente de gran calidad y pertinencia para ello son justamente los códigos IPC a cuatro dígitos. Los agrupamientos de patentes emergentes en función de la coocurrencia de dos o más códigos IPC (a cuatro dígitos) en las patentes pertenecientes a este campo y existentes a nivel mundial e iberoamericano para el período 2005-2009, pueden observarse en los **Gráficos 55 y 56** respectivamente.

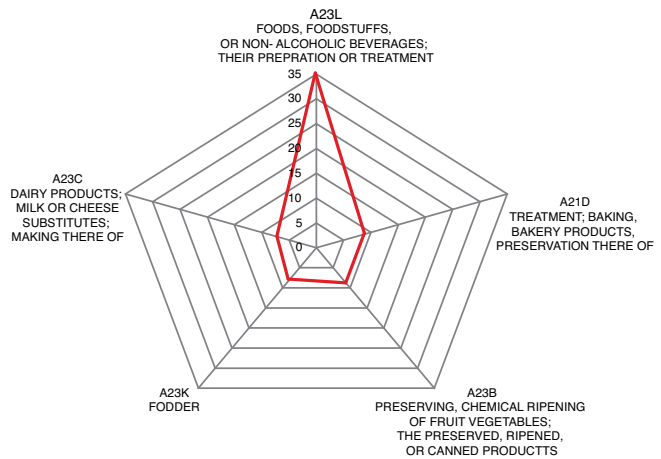
El volumen de los nodos representa la cantidad de patentes asignadas a cada código IPC y la intensidad de los lazos entre ellos da cuenta de las veces en que esos códigos coocurren en las patentes recuperadas. Los conglomerados están señalados por una línea que engloba a una serie de códigos en áreas de diferentes colores. Con fines analíticos, cada uno de los conglomerados emergentes fue identificado con un nombre que ofrece una idea general sobre los campos de aplicación que contiene. Al igual que en algunas redes de publicaciones anteriormente presentadas, para una mejor visualización y análisis en este caso también se ha decidido “podar” los vínculos menores, dejando sólo la estructura básica de las agrupaciones.

Los *clusters* de campos de aplicación emergentes de la aplicación de las técnicas

mencionadas a las patentes del total mundial en ciencia y tecnología de alimentos (**Gráfico 55**) son siete y se encuentran fuertemente articulados entre sí, observándose además una gran diferencia de magnitud entre los códigos IPC agrupados en el conglomerado central y el resto.

El principal *cluster* observado abarca el conjunto de patentes referidas a **Procesamiento y preservación de alimentos en general**. Queda conformado a partir de las interrelaciones entre los códigos IPC (en orden decreciente de número de patentes contabilizadas para cada uno de ellos) A23L (*Alimentos, productos alimenticios o bebidas no alcohólicas; su preparación o tratamiento; y preservación de alimentos o productos alimenticios en general*), A61K (*Preparaciones para propósitos médicos, dentales o higiénicos*), A61P (*Actividad*

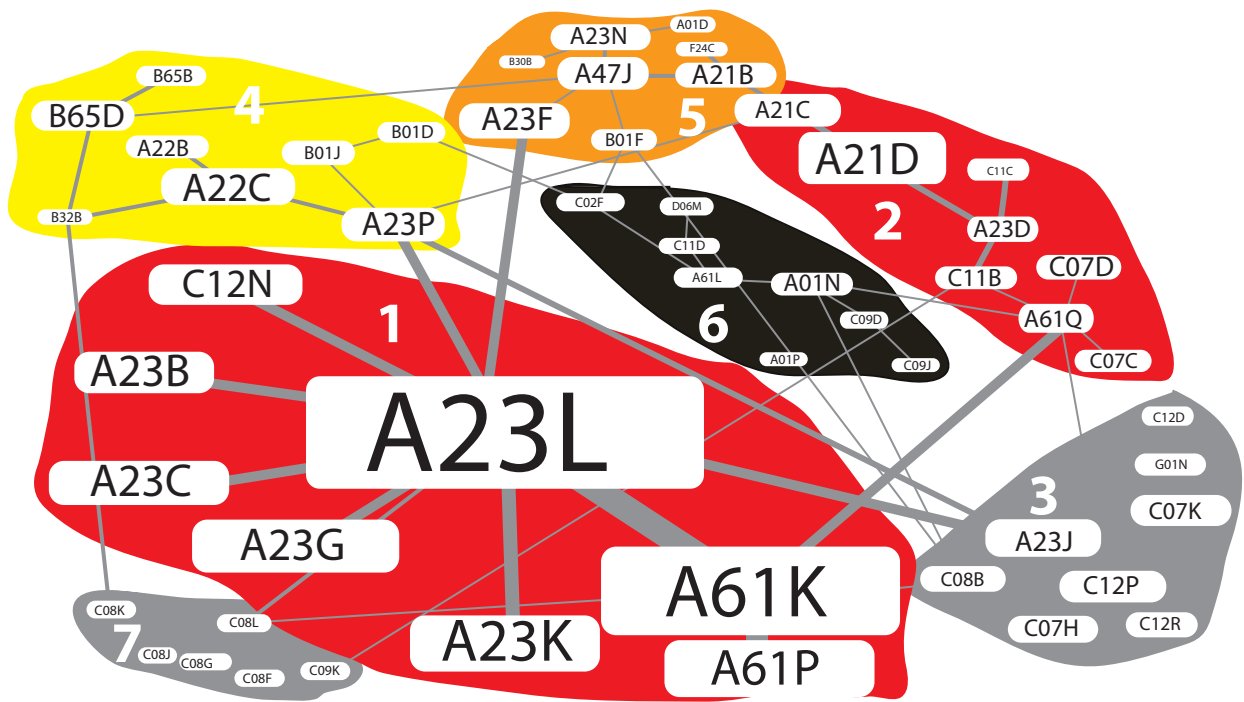
Gráfico 54. Especialización tecnológica mexicana (IPC a 4 dígitos)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.
Nota: Acumulado 2005-2009.

Gráfico 55. Mapa de códigos IPC (4 dígitos) en total de patentes en ciencia y tecnología de alimentos

78



Cluster	Descripción
1	Procesamiento y preservación de alimentos en general
2	Producción de cereales y oleaginosas
3	Microbiología y toxicología de los alimentos
4	Procesamiento y envasado de carnes
5	Procesamiento de bebidas y equipamiento para el tratamiento de alimentos
6	Protección ambiental e higiene industrial
7	Química de los alimentos

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.
Nota: Acumulado 2005-2009.

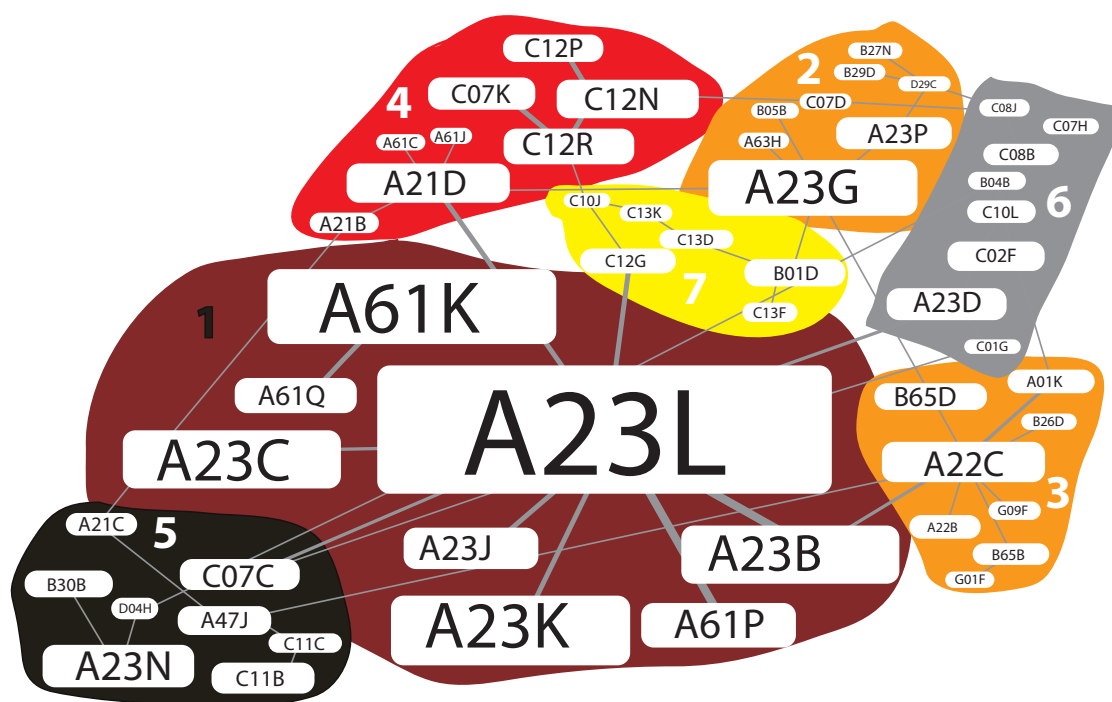
terapéutica de compuestos químicos o preparaciones médicas), A23K (Alimentos para animales), A23G (Cacao y chocolate, productos alimenticios de confitería y helado), A23C (Leche y productos lácteos; sustitutos de la leche o el queso y su fabricación), C12N (Propagación, preservación o mantenimiento de microorganismos, mutación o ingeniería genética) y A23B (Conservación de carne, pescado, huevos, frutas, verduras, semillas comestibles; maduración química de frutas y verduras; productos conservados, madurados o enlatados).

Un segundo conglomerado de campos de aplicación de las patentes mundiales en ciencia y tecnología de alimentos es el de **Producción de cereales y oleaginosas**, compuesto por los IPC A21D (Tratamiento de la harina o de la masa, productos de panadería y su conservación), A23D (Aceites comestibles o grasas), A61Q (Uso de cosméticos o preparaciones similares para higiene personal), A21C (Máquinas o equipos para el tratamiento de la masa y manipulación de productos cocidos hechos de masa), C07D (Compuestos heterocíclicos), C07C (Compuestos acíclicos o

carbocíclicos), C11B (Producción, refinamiento o conservación de grasas, aceites esenciales o perfumes) y C11C (Ácidos grasos, aceites o ceras; o velas, grasas, aceites o ácidos grasos obtenidos por modificación química).

Un tercer cluster de campos de aplicación de las patentes mundiales en ciencia y tecnología de alimentos es el de **Microbiología y toxicología de los alimentos**, emergente de las articulaciones entre los IPC A23J (Composiciones a base de proteínas y fosfátidos para la alimentación), C12P (Procesos de fermentación o utilización de enzimas para sintetizar un compuesto o una composición deseada o separar isómeros ópticos a partir de una mezcla racémica), C07K (Péptidos), C08B (Polisacáridos y sus derivados), C07H (Azúcares y sus derivados; nucleósidos; nucleótidos; ácidos nucleicos, ADN o ARN relativos a la ingeniería genética), G01N (Investigación o análisis de materiales incluyendo determinaciones de sus propiedades químicas o físicas), C12R (Sistemas de indexación asociados con

Gráfico 56. Mapa de códigos IPC (4 dígitos) en patentes iberoamericanas en ciencia y tecnología de alimentos



Cluster	Descripción
1	Procesamiento y preservación de alimentos en general
2	Tecnología del cacao y chocolate
3	Producción y procesamiento de carnes
4	Preservación y toxicología de cereales
5	Equipamiento para el tratamiento de alimentos
6	Producción de oleaginosas y toxicología de los alimentos
7	Producción de bebidas

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.
Nota: Acumulado 2005-2009.

microorganismos) y C12Q (Procesos de medición o testeo que incluyen enzimas o microorganismos).

Un cuarto conglomerado de patentes registradas en el campo de la ciencia y la tecnología de los alimentos es el de **Procesamiento y envasado de carnes**, compuesto por los campos de aplicación A22C (Procesamiento de carne, aves o pescado), A23P (Trabajo con productos alimenticios), B65D (Contenedores para el almacenamiento o el transporte de artículos o materiales), B01J (Procesos químicos o físicos y sus aparatos), A22B (Carnicería), B01D (Separación), B65B (Máquinas, aparatos o procedimientos de embalaje y desembalaje) y B32B (Productos escalonados).

Un quinto *cluster* de campos de aplicación de las patentes del total mundial en alimentos es el dedicado fundamentalmente a **Procesamiento de bebidas y equipamiento para el tratamiento de alimentos**, conformado preponderantemente por los campos de aplicación A23F (Café, té y sustitutos; su fabricación, preparación o infusión), A47J (Material de cocina; molinillos de café y especias; aparatos para preparar las bebidas), A21B (Hornos de panadería, máquinas o equipos para hornear) y A23N (Máquinas o aparatos para el tratamiento de las cosechas de frutas, legumbres, o bulbos de flores a granel, hortalizas de descamación o frutas al por mayor; aparatos para la preparación de alimentos para animales) y, complementariamente dado su menor volumen de patentes, por los IPC F24C (Otras estufas domésticas u hornos de aplicación general), B30B (Prensas en general), y A01D (Cosecha).

Un sexto conglomerado, aunque mucho más pequeño que los anteriores, está relacionado con temas de **Protección ambiental e higiene industrial**. Se trata principalmente de desarrollos agrupados bajo el código A01N (Conservación de personas, animales o plantas, o sus partes; biocidas como desinfectantes, plaguicidas o herbicidas; reguladores del crecimiento vegetal). Otros dos códigos son importantes dentro de este *cluster*: se trata del A61L (Métodos o aparatos para esterilizar materiales) y C02F (Tratamiento de aguas).

Finalmente, el séptimo y último *cluster*, más pequeño aún que el anterior, remite a **Química de los alimentos**, que abarca la producción de desarrollos interconectados con el conjunto relativo al procesamiento y preservación de alimentos en general y clasificados bajo los códigos C08L (Composiciones de compuestos macromoleculares), C09K (Materiales para aplicaciones no previstos en otro lugar), C08K (Uso de compuestos inorgánicos o sustancias inorgánicas macromoleculares como ingredientes compuestos), C08J (Procesos generales de composición de compuestos orgánicos macromoleculares), C08F (Compuestos macromoleculares obtenidos por reacciones) y C08G (Compuestos macromoleculares obtenidos de otra forma).

A nivel iberoamericano (**Gráfico 56**) el mapa resultante del análisis de la coocurrencia de códigos de clasificación de las patentes en ciencia y tecnología de alimentos presenta, a una escala y nivel de complejidad mucho

menor, un perfil de especialización bastante similar, aunque con algunas particularidades que cabe señalar.

El principal *cluster* emergente observado, al igual que en el total mundial, es el de **Procesamiento y preservación de alimentos en general**, conformado (en orden decreciente de número de títulos de propiedad industrial contabilizados) por los códigos IPC A23L (Alimentos, productos alimenticios o bebidas no alcohólicas; su preparación o tratamiento; y preservación de alimentos o productos alimenticios en general), A61K (Preparaciones para propósitos médicos, dentales o higiénicos), A23K (Alimentos para animales), A23B (Conservación de carne, pescado, huevos, frutas, verduras, semillas comestibles; maduración química de frutas y verduras; productos conservados, madurados o enlatados), A23C (Leche y productos lácteos; sustitutos de la leche o el queso y su fabricación) y A61P (Actividad terapéutica de compuestos químicos o preparaciones médicas), todos ellos presentes en el conglomerado idéntico a nivel mundial, más los códigos A23J (Composiciones a base de proteínas y fosfátidos para la alimentación) -presente en el conglomerado Microbiología y toxicología de los alimentos del entramado mundial- y A61Q (Uso de cosméticos o preparaciones similares para higiene personal) -presente en el *cluster* sobre Producción de cereales y oleaginosas a nivel mundial-.

El resto de los conglomerados reúnen códigos de clasificación de una presencia mucho menor a los del conjunto principal, presentando una gran variedad de aplicaciones de la ciencia y la tecnología de los alimentos en ramas variadas de la industria.

El segundo conglomerado temático emergente en Iberoamérica, y específico de la región, es el de **Tecnología del cacao y chocolate**, configurado fundamentalmente por los campos de aplicación industrial A23G (Cacao y chocolate, productos alimenticios de confitería y helado) y A23P (Trabajo con productos alimenticios).

El tercer *cluster* que puede identificarse a nivel regional es el de Producción y procesamiento de carnes, integrado básicamente por los campos de aplicación A22C (Procesamiento de carne, aves o pescado), B65D (Contenedores para el almacenamiento o el transporte de artículos o materiales) y A01K (Cría de animales; cuidado de aves, peces, insectos, pesca; nuevas razas de animales). Es precisamente este último código, no presente en el mapa mundial, el que le imprime un sello particular a este conjunto temático articulado en torno al desarrollo tecnológico del sector cárnico en Iberoamérica. En detrimento de ello, el tratamiento de aspectos relativos al diseño de procesos de conservación y envasado presente en el total mundial no aparece en el conglomerado regional de las patentes asociadas a las carnes.

El cuarto conglomerado temático emergente y con características específicas en la región es el de **Preservación y toxicología de cereales**. Está conformado fundamentalmente por los campos de

aplicación A21D (*Tratamiento de la harina o de la masa, productos de panadería y su conservación*), C12N (*Propagación, preservación o mantenimiento de microorganismos, mutación o ingeniería genética*), C12P (*Procesos de fermentación o utilización de enzimas para sintetizar un compuesto o una composición deseada o separar isómeros ópticos a partir de una mezcla racémica*), C07K (*Péptidos*) y C12R (*Sistemas de indexación asociados con microorganismos*).

El quinto *cluster* está focalizado en el **Equipamiento para el tratamiento de alimentos**, integrado primordialmente en el caso iberoamericano por las interrelaciones entre los campos de aplicación A23N (*Máquinas o aparatos para el tratamiento de las cosechas de frutas, legumbres, o bulbos de flores a granel, hortalizas de descamación o frutas al por mayor; aparatos para la preparación de alimentos para animales*), C07C (*Compuestos acíclicos o carbocíclicos*), A47J (*Material de cocina; molinillos de café y especias; aparatos para preparar las bebidas*), C11B (*Producción, refinamiento o conservación de grasas, aceites esenciales o perfumes*) y B30B (*Prensas en general*).

Finalmente, el sexto y el séptimo conglomerado, aunque a partir de muy pocas patentes de invención, están dedicados a la **Producción de oleaginosas y toxicología de los alimentos** y a la **Producción de bebidas**. El primero, fundamentalmente compuesto por los códigos A23D (*Aceites comestibles o grasas*), C02F (*Tratamiento de aguas*) y C10L (*Combustibles no previstos en otros lugares; gas licuado de petróleo; uso de aditivos para combustibles*). El segundo, por B01D (*Separación*), C12G (*Vino y otras bebidas alcohólicas, su preparación*) y C13D (*Producción o purificación de jugos y productos azucarados*).

CONCLUSIONES

El progreso social y económico, así como la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos, están sustentados en cierta medida en el proceso de generación y transferencia del conocimiento y en su posterior reutilización como base para el desarrollo tecnológico y de innovación. Esa relación se hace más directa que nunca en campos de gran impacto social como la ciencia y la tecnología de alimentos.

Para alcanzar ese impacto, no es suficiente un buen nivel de producción científica sino que ese conocimiento debe transformarse en motor de innovación y de desarrollo tecnológico. Es significativo que una de las diferencias existentes entre los países tecnológicamente desarrollados, como Estados Unidos y Japón, y otros con un nivel inferior de desarrollo, entre los que podemos situar a España, Brasil o México, radica en que la inversión privada en I+D resulta muy inferior en el segundo grupo de países respecto al primero. Otra diferencia que debe considerarse es el tipo de demandas alimentarias de las poblaciones con diferente grado de desarrollo. En América Latina, en muchos casos, la demanda de alimentos en general y de alimentos nutritivos en particular, es mayoritaria; en tanto que en los

países más desarrollados se requieren alimentos de mejor calidad con nuevas aptitudes, desde la nutrición hasta sus efectos sobre la salud pasando por el aspecto sensorial.

En Iberoamérica, las diferencias en el desarrollo de la investigación, vista a través de publicaciones científicas, con respecto al desarrollo tecnológico y en particular a su transferencia al sector productivo, como se ha visto en el estudio de las patentes industriales, aparecen como un claro obstáculo a superar. Incrementar la inversión no solo pública, sino también privada, sumado a cambios políticos y económicos redundará en la mejora de la calidad de vida de todos los individuos. En este contexto, el progreso técnico constituye uno de los factores de relevancia sobre el crecimiento económico a largo plazo.

El sector agroalimentario ocupa un lugar clave en el desarrollo iberoamericano. Por un lado, por su peso en las economías regionales y, por el otro, por la importancia clave del acceso a la alimentación para el desarrollo social. Actualmente existen desequilibrios marcados entre diferentes zonas geográficas que no han alcanzado el mismo grado de desarrollo, desequilibrios que deben ir modificándose en el tiempo con la contribución de la investigación, la innovación y la transferencia tecnológica.

Si bien en la actualidad existe una coyuntura favorable para la región en cuanto a la exportación de alimentos a los países más desarrollados, el mantenimiento de la competitividad deberá sustentarse en el futuro cada vez más en el aumento del grado de innovación y desarrollo tecnológico, la incorporación de mejores normas de calidad y de gestión y comercialización de los productos agroalimentarios. La producción científica, generadora de nuevos conocimientos y su transferencia al sector público y privado, como apoyo a la innovación productiva, se vuelve un reto clave.

La colaboración en I+D pasa así a ser un aspecto relevante para lograr la internacionalización y la competitividad de la producción científica y como forma de disponer de suficiente capital humano y capital tecnológico que sustente el desarrollo regional. En este sentido, resultaría muy valioso avanzar en un espacio común de investigación, aumentando el número de investigadores, incorporando significativamente equipamiento de última generación y atrayendo investigadores de alta calidad en entornos que favorezcan el rendimiento y la productividad científica a fin de fortalecer las capacidades científico tecnológicas de los respectivos países y sus mecanismos de transferencia hacia el tejido productivo, mecanismos que también deben ser agilizados y promovidos.

Más allá de eso, la ciencia y tecnología de alimentos tiene frente a sí enormes desafíos relacionados con problemáticas como los cambios ambientales, la utilización de la energía o los nuevos problemas de la salud. Estos desafíos deben enfrentarse desde un profundo conocimiento básico y un alto grado de desarrollo e innovación que contribuyan a la generación y utilización de fuentes alimenticias alternativas, desarrollo

de equipos de capital de última generación y creación de nuevos productos y procesos.

Si bien a lo largo de este informe se ha podido observar la importancia relativa y el crecimiento de la investigación en temas relacionados con esas problemáticas, el poder contribuir a la resolución de estos desafíos depende en gran medida de políticas de estado. Para ello, el crecimiento y desarrollo de la base científica en la región, así como la conformación de equipos multidisciplinarios y su articulación con el sector productivo aparecen como algunos de los principales desafíos a enfrentar.

Iberoamérica tiene ante sí la posibilidad de convertirse en una de las fuentes más importantes de generación de nuevos alimentos, basada particularmente en su biodiversidad animal y vegetal, siendo imperiosos los esfuerzos necesarios para impulsar desarrollos tecnológicos a nivel local. En ese sentido, es preciso intensificar la relación entre quienes producen y quienes aplican el conocimiento para propiciar, ante todo, su generación y transferencia, así como el desarrollo profesional cualificado. La competencia existente a nivel global requiere la formalización de nuevas y más fuertes alianzas en el marco de la I+D en ciencia y tecnología de alimentos.

Los países iberoamericanos tienen ante sí un gran desafío en este terreno. Por un lado, cuentan con ciertas ventajas comparativas, relacionadas con sus características climáticas y geográficas. Por el otro, el acceso a la alimentación es una problemática no resulta en buena parte de sus sociedades. La articulación de esas ventajas con sus necesidades estructurales es un problema central para la región, en el cual los aportes de un espacio iberoamericano de conocimiento pueden ser de gran valor.