

## 2.1. LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO EN TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES EN IBEROAMÉRICA -Situación actual y tendencias-

El presente informe ha sido elaborado a pedido de la RICYT por un equipo coordinado por Rodolfo Barrere y contó con la colaboración de María Guillermina D'Onofrio, María Victoria Tignino, Cristian Merlino, Matías Milia y Lautaro Matas. Participó también, en el asesoramiento científico y el análisis de los resultados de este estudio, el Dr Pablo Jacovkis. 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).

49

### 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 las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) 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 bibliográfica 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, la biotecnología y la ciencia y tecnología de alimentos, publicados en 2008, 2009 y 2010, respectivamente.

Este trabajo presenta un panorama general de la producción científica en TIC 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 sociales que muestran patrones mundiales y particularidades regionales en la investigación colaborativa. Se abordan también los principales temas estudiados 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 informe incluye también un análisis detallado de los campos de aplicación de las patentes de la región y de los principales países que la integran.

## PRINCIPALES AFIRMACIONES

1. Las TIC han impregnado la vida cotidiana de todos los sectores sociales en todos los países del mundo. Sin embargo, esa informatización de la sociedad no se ha producido de forma igualitaria.
2. Dado el peso que han demostrado estas tecnologías en el desarrollo a nivel mundial, cualquier proyecto de desarrollo de los países iberoamericanos debería incluir un análisis de las TIC, sus desarrollos, sus vínculos. El papel de la ciencia y la tecnología en un proyecto de esas características resulta crítico.
3. La investigación en TIC está creciendo en el mundo entero. La cantidad de artículos científicos en esta temática registrados en el SCI creció un 71% en el período 2000 - 2010, mientras que el total de la base de datos aumentó un 52%.
4. Iberoamérica ha demostrado un dinamismo aún mayor en este terreno. Los documentos de instituciones iberoamericanas relacionados con TIC se incrementaron un 214% desde 2000, alrededor del doble con respecto al total de la producción regional. La participación iberoamericana en la producción mundial en TIC pasó del 2,3% en 2000 al 3,4% en 2010.
5. Si bien en un volumen aún pequeño, un 5,6% del total de la producción de la región, se verifica una clara tendencia hacia la consolidación de un espacio iberoamericano del conocimiento en la temática de las TIC. En particular, la importancia de la colaboración iberoamericana es mucho mayor para los países de desarrollo bajo y medio que para los líderes a nivel regional.
6. La tendencia a la colaboración regional se ve también en el análisis de la cohesión de la red de colaboración científica de las TIC, que funciona efectivamente como un espacio de intercambio de conocimiento con un nivel de interacción interno mayor que el promedio general de la red de copublicación científica mundial.
7. El análisis del patentamiento en el sector TIC arroja un panorama distinto. Si bien es necesario destacar el bajo peso relativo de Iberoamérica sobre el total de las patentes, se destaca un crecimiento positivo durante la última década. El aumento del patentamiento en los países iberoamericanos se mantuvo por encima de la media mundial, destacándose el incremento en los últimos tres años de la serie, donde a nivel mundial el mismo sufría de un estancamiento y retracción.
8. A nivel mundial, el análisis de patentes muestra un crecimiento de los países asiáticos en detrimento de Estados Unidos y los países europeos.
9. A nivel de los países iberoamericanos, los casos significativos son España y Brasil. El primero con un crecimiento casi sostenido desde 2000, que lo consolida como el primer patentador de la región, incluso aumentando su preponderancia. La diferencia entre España y su inmediato seguidor, Brasil, sólo se vio reducida en un año de la serie, cuando en 2005 llegaron a una relación de 2,5 patentes españolas por cada una del país sudamericano.
10. Analizando los titulares de patentes, los países iberoamericanos se caracterizan por la ausencia casi total de empresas privadas. La mayor parte de los titulares corresponden al sector público. Se produce además una gran concentración, la diferencia entre el CSIC español y el resto es abismal.
11. La articulación del sistema de ciencia y tecnología con el entramado empresarial, para aportar a la innovación en el sector TIC aparece como uno de los desafíos más importantes y complejos que enfrenta la región.
12. La otra cara de este desafío es la llegada de las TIC a la sociedad. Una mirada interdisciplinaria sobre las TIC desde la ciencia y la tecnología puede facilitar enormemente la vinculación de estas tecnologías de información y comunicaciones con los problemas de la sociedad iberoamericana.

## **1. LA IMPORTANCIA DE LA I+D EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES (TIC) EN IBEROAMÉRICA**

Desde la aparición de las computadoras en la década de 1940 se ha ido produciendo, primero en forma lenta y luego en forma casi vertiginosa, una “informatización” de las distintas sociedades, en el sentido de que las TIC van impregnando cada vez más la vida cotidiana de todos los sectores sociales en todos los países del mundo. Primero fue la computación con fines estrictamente científicos (y bélicos) que llevó, por ejemplo, a que ya desde 1950 en Estados Unidos se hicieran pronósticos numéricos del tiempo, cada vez más completos y confiables; luego, fundamentalmente a partir de la década comenzada justamente en 1950, la computación irrumpió en las operaciones de los bancos, de las compañías de seguros y de las grandes empresas; en la década de 1970 comenzó la computación personal, posteriormente Internet y el correo electrónico, en 1990 la web y, a lo largo de todo el tiempo, cada vez más industrias “informatizaron” sus procesos y también sus productos, y cada vez más las personas tuvieron acceso individual a las cada vez mayores posibilidades de las TIC. Estas tecnologías influyeron también en el arte, tanto en su difusión como en su creación (artes electrónicas); las computadoras permitieron crear verdaderos laboratorios y los experimentos “in silico”, según una ingeniosa frase, a veces reemplazan a los experimentos “in vitro” y a los experimentos “in vivo”, con lo cual las TIC también se inmiscuyen en la ética de muchas maneras distintas.

Sin embargo, como es de esperar, esa informatización de la sociedad no se ha producido igualmente en todos los países ni en todos los sectores sociales de cada país. Los países centrales, comenzando por Estados Unidos, mantienen un liderazgo incuestionable; más aún: las tendencias de las últimas décadas indican que en buena medida Estados Unidos basa su hegemonía mundial en el desarrollo tanto de sus TIC como de industrias significativamente influidas por ellas (inclusive las industrias culturales y de entretenimientos): los pronósticos que en la década de 1980 indicaban una tendencia a la declinación norteamericana basadas en cierta pérdida de competitividad de algunas de sus industrias tradicionales, como la automotriz, se mostraron errados, muy probablemente debido a que esas debilidades eran ampliamente compensadas por la superioridad norteamericana en las industrias más de punta, entre las cuales por supuesto las relacionadas con TIC tienen un protagonismo importantísimo. Y por supuesto está la superioridad norteamericana en la ciencia en la que estas TIC se basan, ciencia desarrollada fundamentalmente en las universidades y en organismos gubernamentales, cumpliendo así en forma muy aceiteada la relación gobierno - universidades - empresas, que también funciona bien en los demás países centrales (mucho mejor que en los nuestros) y que es parte importante de su superioridad científica, tecnológica y de innovación. En cuanto a las aplicaciones bélicas de las TIC, desde sus comienzos, los comentarios son obvios y casi automáticos.

En ese sentido, nos atreveríamos a decir que cualquier proyecto de desarrollo de los países del área iberoamericana tiene que incluir indefectiblemente un análisis de las TIC, sus desarrollos, sus vínculos entre sí y con el mundo desarrollado. Este trabajo pretende cumplir esta función, a sabiendas de que la comunidad iberoamericana incluye por un lado dos naciones integradas a la Europa desarrollada, que son España y Portugal, algunos países de América Latina de desarrollo intermedio (Brasil, Argentina, México, y probablemente Chile y Colombia) y otros países cuya incidencia en este área es mucho menor. Nuestra intención es analizar y observar la situación actual, la evolución de las TIC en la comunidad iberoamericana en los últimos diez años, y las tendencias que se manifiestan, estudiando de qué manera los países integrantes generan producción científica y tecnológica propia, de qué manera se establecen los lazos entre sus comunidades relacionadas con el área (y especialmente con España y Portugal, que tienen esa posición “intermedia” entre los países más desarrollados y los de América Latina) y de qué manera se relacionan con los países centrales. A través de indicadores - fundamentalmente producción científica y tecnológica publicada en revistas indexadas y en patentes internacionales - intentaremos llevar a cabo esa tarea.

## **2. LAS HUELLAS DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO EN TIC**

Si bien el conocimiento es de carácter intangible, su producción deja huellas que pueden ser medidas y analizadas para obtener un panorama detallado. 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. 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 una de las principales bases de datos bibliográficas internacionales, 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 las TIC recae en la dificultad de delimitar con claridad un área transversal como ésta. Ese proceso fue llevado adelante a partir de una interacción iterativa con los expertos en la

temática, 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 alrededor de ocho 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. Para este estudio se realizó una selección de publicaciones, representativas del campo, con el asesoramiento de expertos en la temática. Las revistas provenían de las categorías temáticas “ciencias de la computación”, “ingeniería eléctrica y electrónica” y “telecomunicaciones”. El listado completo de las revistas analizadas se encuentra en el Anexo I de este documento.

Es importante tener en cuenta también que la investigación en las áreas temáticas más importantes en torno a las TIC tiene canales de comunicación particulares y que pueden diferir de las formas típicas de puesta en común del trabajo en otras áreas disciplinarias. En este caso, para científicos e ingenieros en las áreas abarcadas, las comunicaciones en congresos tienen un papel muy importante. Sin embargo, ese tipo de literatura no está completamente cubierto en el SCI, razón por la cual la información recopilada puede tener un cierto sesgo hacia la investigación de carácter menos aplicado.

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 ha utilizado la definición de patentes TIC de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), basado en una serie de códigos IPC, clasificadas en “Telecomunicaciones”, “Computadoras y máquinas de oficina”, “Electrónica de consumo” y “Otras TIC”. El detalle de la definición está incluido en el Anexo II de este informe.

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 TIC

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.

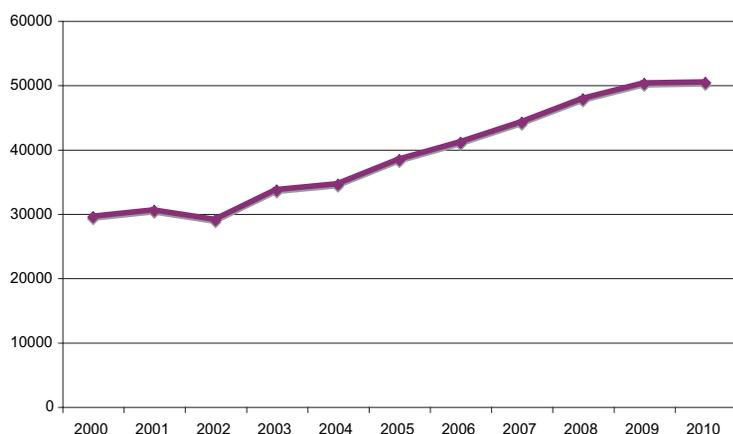
Este informe presenta un panorama de los cambios en los volúmenes de producción, los patrones de colaboración internacional, las redes de interacción y los recortes disciplinarios predominantes en la región iberoamericana y en el resto del mundo.

#### 3.1 La evolución de la producción científica

La producción científica mundial en TIC, tal como se refleja en la base de datos internacional Science Citation Index versión Web of Science, ascendió a un total de 429.089 documentos durante el período 2000-2010, lo que representa el 3,2% del total de registros en todas las áreas científicas. Esta participación porcentual pone en evidencia que es un campo disciplinar pequeño, aunque en expansión. Los documentos publicados experimentaron un crecimiento del 71% desde el año 2000, en el que se publicaron 29.487 documentos hasta el año 2010, en el que aparecen 50.353 publicaciones. En general se observa una tendencia ascendente de crecimiento en el período, con una leve fluctuación al comienzo y un estancamiento en 2010 (**Gráfico 1**).

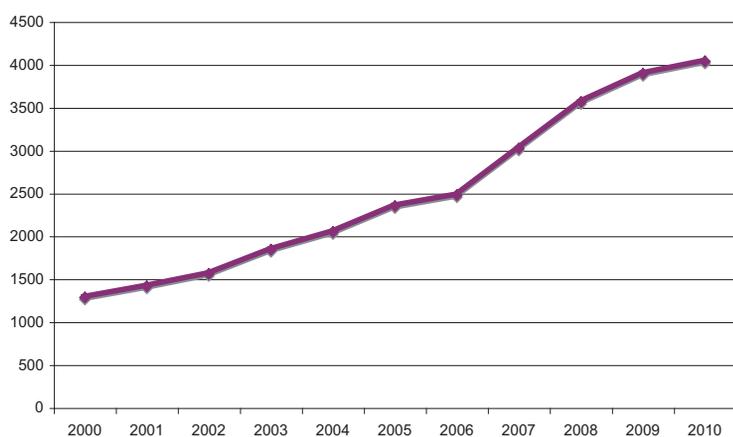
La evolución de la producción iberoamericana en TIC en el período estudiado muestra un aumento notable a lo largo del tiempo (**Gráfico 2**). Su volumen productivo pasó de 1.288 publicaciones en 2000 a 4.040 en 2010, experimentando una tasa de crecimiento del 214% entre puntas. Mientras la producción mundial se ha multiplicado por 1,7, la de Iberoamérica lo ha hecho por 3,1. La participación relativa de la región en TIC representa el 3% del volumen total de documentos iberoamericanos en la base de datos, proporción similar a la observada para el total de la producción mundial en TIC. El ritmo de crecimiento productivo ha sido constante, mostrando un aceleramiento a partir de 2007, que puede atribuirse no tanto a un incremento real del volumen productivo

Gráfico 1. Total de publicaciones en TIC (2000-2010)



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

Gráfico 2. Total de publicaciones iberoamericanas en TIC (2000-2010)



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

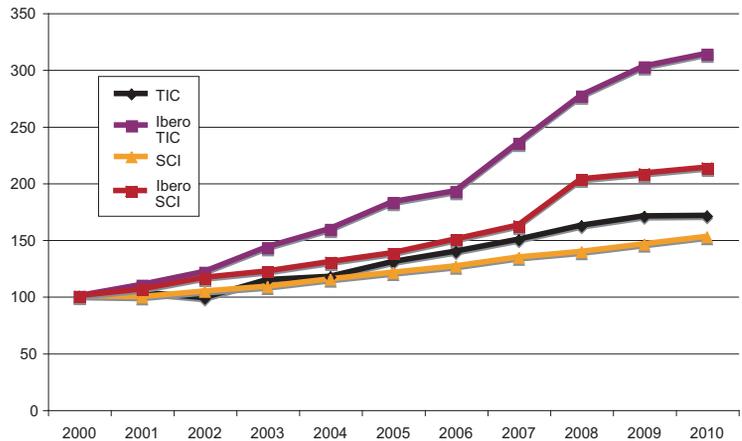
sino a una ampliación de la cobertura de revistas de Iberoamérica en el SCI.

La producción científica mundial en TIC creció a un ritmo superior al observado en el total de la producción científica recogida en el SCI en el espacio temporal 2000-2010 (**Gráfico 3**). Mientras que el total de la base de datos aumentó un 52%, en el mismo período los documentos sobre TIC lograron un crecimiento del 71%. Además, pasaron de representar el 3% de las publicaciones totales en el SCI en 2000 a comprender el 3,3% de los documentos totales en 2010. Los documentos conjuntos de todos los países iberoamericanos en todas las temáticas recogidas en la base de datos crecieron un 113%, mientras los referidos a TIC se incrementaron un 214%. La participación relativa de la región tuvo un crecimiento más marcado en el campo de estudio que la observada en el total mundial, de representar el 2,3% en 2000 pasó al 3,4% en 2010.

En el **Gráfico 4** se presenta la evolución de las publicaciones científicas de los cinco países del mundo más productivos en el campo de TIC durante los años 2000-2010. Se ha utilizado la metodología de contabilización por enteros, es decir, se ha computado un documento completo para cada una de las naciones 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.

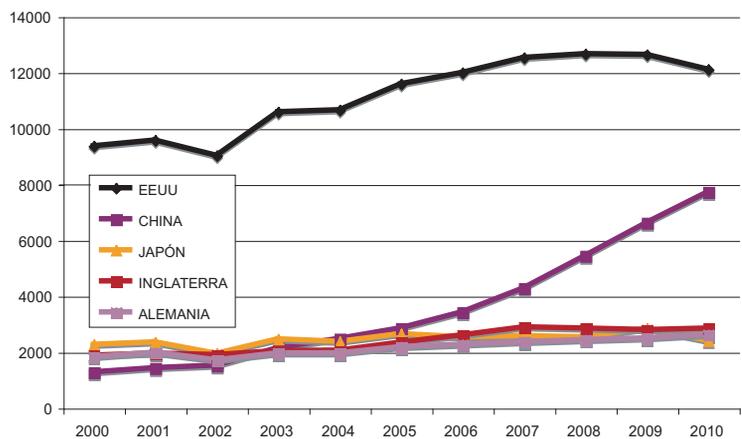
Los resultados obtenidos muestran un claro protagonismo de Estados Unidos que, registrando 9.369 documentos en 2000 y 12.114 en 2010, mantuvo una participación en torno a la cuarta parte del total en todo el período, aunque ha experimentado una importante pérdida de peso relativa entre 2000 y 2010 (se redujo del 31,8% al 24,1%). En segundo lugar en 2004 aparece China, país que se destaca muy especialmente del resto de las naciones por su acelerado crecimiento: multiplicó por 6 su producción entre puntas (pasó de 1.281 a 7.728 documentos) y su participación relativa se incrementó 11 puntos porcentuales (pasó del 4,3% al 15,3%). Es importante señalar que el explosivo crecimiento de la producción china no es un fenómeno privativo del campo de las TIC, sino que se registra en mayor o menor medida en todas las disciplinas, posicionando a ese país entre los de mayor producción científica en el mundo. Completan el *ranking* de los cinco países más importantes en este campo Japón, que disminuyó su peso productivo del 7,7% en 2000 al 4,8% en 2010

**Gráfico 3. Total de publicaciones mundiales e iberoamericanas en TIC**



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

**Gráfico 4. Publicaciones de los principales países del mundo en TIC**



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

y muestra una caída en términos absolutos al final del período, Inglaterra y Alemania. Estas dos últimas naciones muestran un crecimiento moderado.

Los cinco países con mayor presencia en la producción en TIC en el ámbito iberoamericano son España, Brasil, Portugal, México y Argentina (**Gráfico 5**). El desempeño de España se destaca especialmente por su fuerte presencia: participa en más de la mitad la producción científica en TIC iberoamericana en todo el período. También se destaca por su crecimiento rápido y sostenido, incrementando sus documentos en un 266% (de 666 documentos en 2000 pasó a 2.440 en 2010).

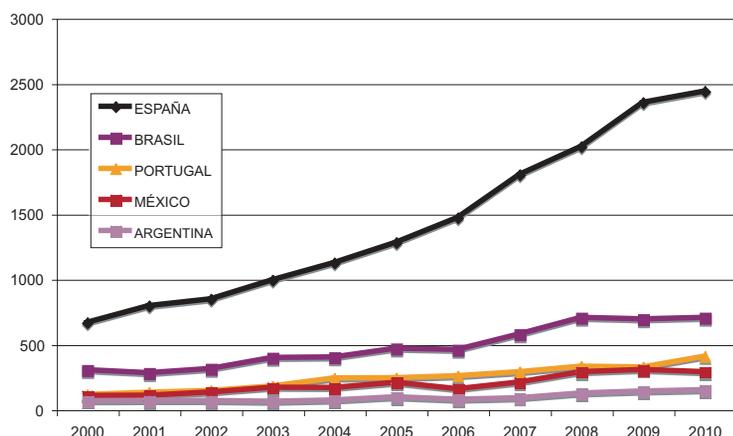
En segundo lugar durante todo el período analizado se encuentra Brasil, país latinoamericano que es responsable de casi la quinta parte (19,3%) de la producción científica en TIC de Iberoamérica y que también presenta una tendencia de crecimiento ascendente, aunque en términos relativos ha reducido su peso regional en la temática en 6 puntos porcentuales (de 23,5% en 2000 pasó al 17,5% en 2010).

Crecimientos relativos importantes registraron, para igual período, Portugal, México y Argentina (que ocupan el tercer, el cuarto y el quinto puesto en la región respectivamente, con aumentos de un 265%, un 172% y un 126%), aunque todos ellos parten de cifras pequeñas de documentos, sobre todo Argentina. De estas tres naciones sólo Portugal logro aumentar su peso relativo en la región (de 8,9% en 2000 ascendió al 10% en 2010).

El **Gráfico 6** presenta la contribución acumulada de cada país de Iberoamérica al conjunto de la producción científica regional en TIC durante los años 2000-2010. Se destaca España por su gran volumen de documentos publicados en el campo de estudio durante el espacio temporal considerado, con 15.784 documentos. En segundo lugar y bastante más atrás se ubica Brasil, con 5.301 publicaciones especializadas. En tercer lugar se encuentra Portugal, que aglutina 2.655 documentos en la base de datos. México, en el cuarto lugar, exhibe una producción de 2.140 documentos y Argentina, en el quinto, una producción de 1.008 documentos en TIC.

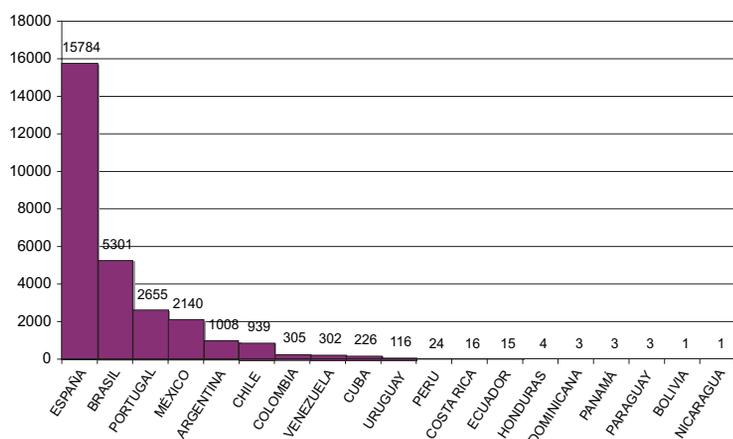
A las cinco naciones iberoamericanas más productivas le siguen, en orden decreciente, Chile (con 939 documentos), Colombia (con 305), Venezuela (con 302), Cuba (con 226) y Uruguay (con 116). Finalmente, pero con una

**Gráfico 5. Producción de principales países iberoamericanos en TIC**



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

**Gráfico 6. Publicaciones de los países iberoamericanos en TIC**



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

pequeña cantidad de documentos (la mayoría inferior a la veintena durante todo el período), se encuentran nueve países: Perú, Costa Rica, Ecuador, Honduras, Rep. Dominicana, Panamá, Paraguay, Bolivia y Nicaragua.

Si se observa la cantidad de documentos que un país produce en una temática, en relación con el número total de sus documentos, se obtiene una proporción que representa el nivel de especialización que ese país tiene en el campo que se está analizando. Al observar la evolución de la participación relativa de la producción científica en TIC durante 2000-2010 en relación al total de la producción científica registrada en el SCI, se nota que los cinco principales países iberoamericanos en el campo de estudio (España, Brasil, Portugal, México y Argentina) presentan trayectorias diferentes.

Como se advierte en el **Gráfico 7**, España era la segunda nación en cuanto a proporción de producción científica en TIC en el SCI durante el sexenio 2000-2005, entre los grandes productores de Iberoamérica. A partir de ese momento, su especialización en TIC creció de manera sostenida hasta alcanzar en 2010 el mayor valor de la región (4,8%).

56

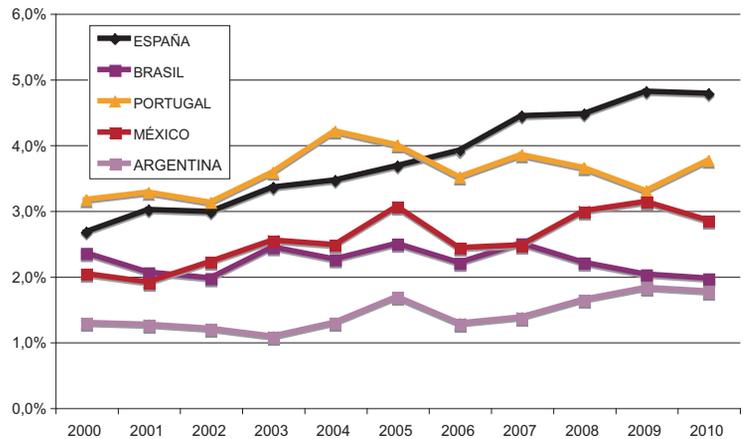
Portugal, por el contrario, era el país más especializado de estas naciones entre 2000-2005 (mostrando un pico máximo del 4,2% en 2004) para luego decaer a la segunda posición en 2006 y presentar una marcada fluctuación en su especialización temática en el resto del período. Brasil, que ocupaba el tercer lugar del grupo en 2000, pasa a ocupar la cuarta posición hacia 2002 y se caracteriza por mostrar muchos altibajos en su grado de especialización a lo largo del período.

México y Argentina exhiben ambas tendencias de crecimiento en su especialización, aunque éstas no están exentas de fluctuaciones. México logra pasar de la cuarta posición a la tercera hacia 2002 y alcanzar un aumento relativo importante de su especialización en el trienio 2008-2010. Por su parte la producción argentina en TIC, a pesar de estar siempre en el quinto lugar, logra incrementar su peso del 1,3% en 2000 al 1,8% en 2010.

### 3.2 Colaboración internacional

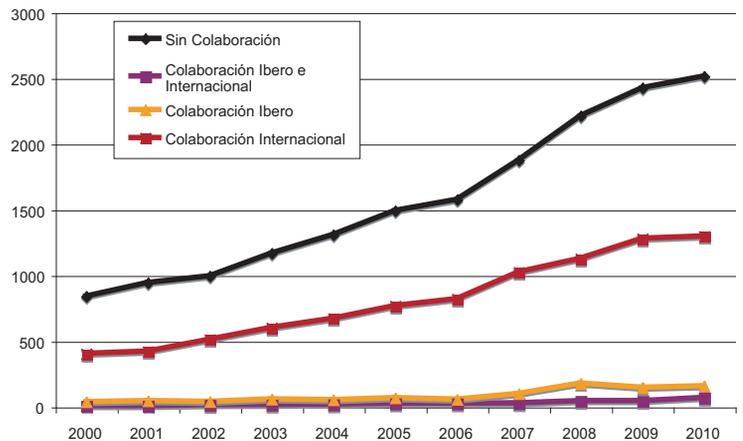
La colaboración científica, como desarrollo de actividades y realización de productos en forma conjunta con colegas, puede cobrar diversas manifestaciones, como la cooperación internacional en proyectos de

**Gráfico 7. Porcentaje de publicaciones en TIC en relación al total**



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

**Gráfico 8. Colaboración internacional iberoamericana en TIC**



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

I+D o la realización de actividades de formación en colaboración. Sin embargo, una de las evidencias empíricas más claras que representa la interacción exitosa entre los investigadores, es la coautoría de publicaciones, interacción que muchas veces 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 TIC según el tipo de colaboración científica. Aparecen tres tendencias bien marcadas en la producción científica registrada en el SCI. En primer lugar, se observa que el peso de las publicaciones en TIC realizadas por autores de países iberoamericanos sin colaboración internacional es cuantitativamente muy importante. Sin embargo, se ha ido acrecentando a nivel regional la presencia de la colaboración internacional, es decir, la copublicación generada en conjunto con instituciones extranjeras, dando cuenta así del creciente proceso de internacionalización de la región en las tecnologías de la información y las comunicaciones. La colaboración internacional, vista de esta manera, representa en 2010 la tercera parte de los documentos totales, registrando un alza del 31,1% durante la última década.

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 de la región), como de la colaboración ibero-internacional (aquella registrada entre dos o más países de la región y uno o más países extra-regionales). La colaboración estrictamente iberoamericana tiene un volumen mayor que la colaboración ibero-internacional (poco más del doble), pero crece a un volumen menor durante la década: un 427% frente a un 875% de la colaboración ibero-internacional. Aparece así, si bien en un volumen aún pequeño (1.248 documentos en colaboración iberoamericana o ibero-internacional en el período 2000-2010, un 5,6% del total de la producción de la región durante el mismo período de tiempo), una clara tendencia hacia la consolidación de un espacio iberoamericano del conocimiento en la temática de las TIC, que sin

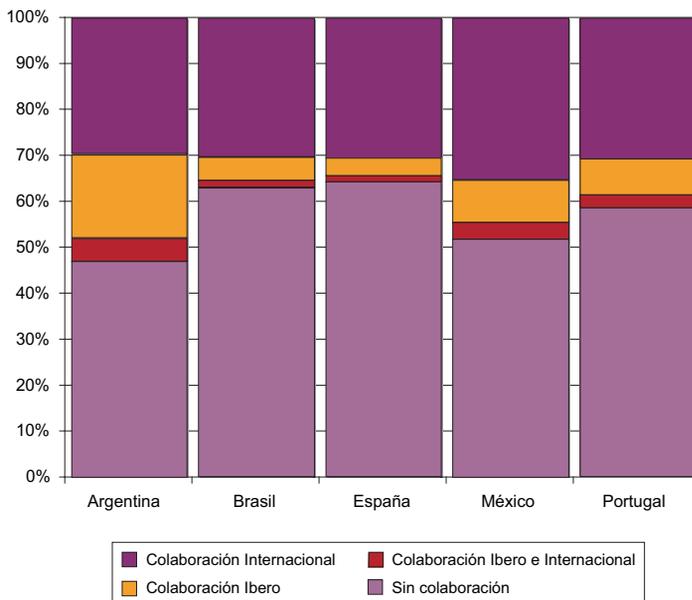
duda es preciso potenciar con políticas que acentúen la colaboración científica y su relación con el sector productivo.

Las tres tendencias señaladas quedarán mejor explicadas a partir de las composiciones relativas de los documentos en colaboración 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 el área de las TIC de los cinco principales países iberoamericanos para el período 2000-2010. Como se suele observar en todos los campos de la ciencia en la actualidad, la investigación en colaboración con pares de otros países juega un papel relevante en los modos de producción de conocimiento. Tal es el caso, principalmente, de Argentina, México y Portugal, con porcentajes que oscilan entre 53% y 41% considerando en conjunto los tres tipos de colaboración (internacional, ibero e internacional, e iberoamericana). En los casos de España y Brasil, los países con mayor desarrollo científico de la región, sin embargo, la presencia de la colaboración en alguna de las modalidades referidas es relativamente menor, con valores en torno a la tercera parte de su producción.

Cabe agregar que se observan algunas diferencias entre las cinco naciones líderes en la producción científica en TIC en cuanto al perfil de colaboración, aunque con la preeminencia de la copublicación internacional (entre el 30% y el 35% de la producción total en todos los casos) por sobre la regional e ibero-internacional como patrón común. Argentina, liderando las tasas de copublicación tanto iberoamericana como ibero-internacional, y México, liderando la tasa de copublicación internacional y con una importante presencia de la cooperación ibero-internacional, son los dos países con mayores porcentajes de documentos en los tres tipos de colaboración científica analizada.

**Gráfico 9. Patrones de colaboración en TIC según país**



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

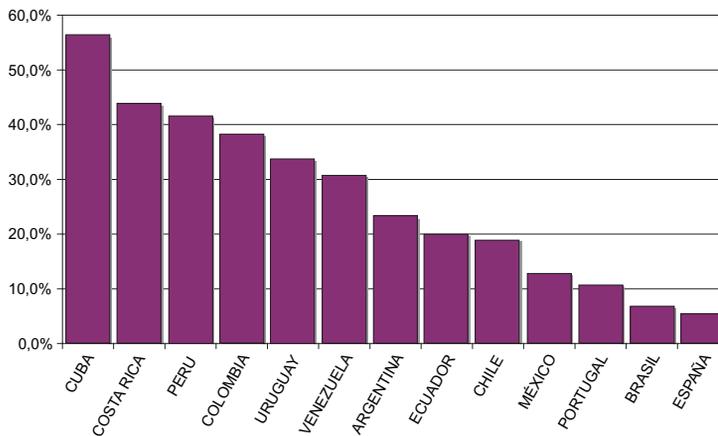
El **Gráfico 10** permite comparar el peso relativo que tiene la colaboración iberoamericana en la producción científica en TIC en los países de la región durante 2000-2010. Un grupo de países iberoamericanos con sistemas de ciencia y tecnología pequeños o medianos y con baja producción científica en TIC recogida en las bases de datos internacionales del SCI (Cuba, Costa Rica, Perú, Colombia, Uruguay y Venezuela) muestra tener elevadas tasas de colaboración internacional “intra-iberoamericana” (por

encima del 30%). También es de cierta importancia este tipo de copublicación para países de desarrollo medio y de mayor volumen productivo como Argentina (234 documentos en colaboración iberoamericana, un 23% del total acumulado para el período) y Chile (179 documentos, un 19% del total de la década), lo que ofrece pautas sobre la importancia del intercambio de conocimiento científico para consolidar las capacidades de los países. Ecuador cuenta con un 20% de su producción en colaboración iberoamericana, pero sobre una base de sólo 15 artículos durante el período analizado. Finalmente, en los cuatro países de la región con mayor producción en la temática (México, Portugal, Brasil y España), la presencia de la copublicación iberoamericana es, como se describió anteriormente, muy baja en términos relativos: entre 13% y 5% del total.

La serie de gráficos que se presenta a continuación muestra la evolución anual de la producción científica en TIC, según patrones de colaboración, para los cinco principales países de Iberoamérica en esta temática.

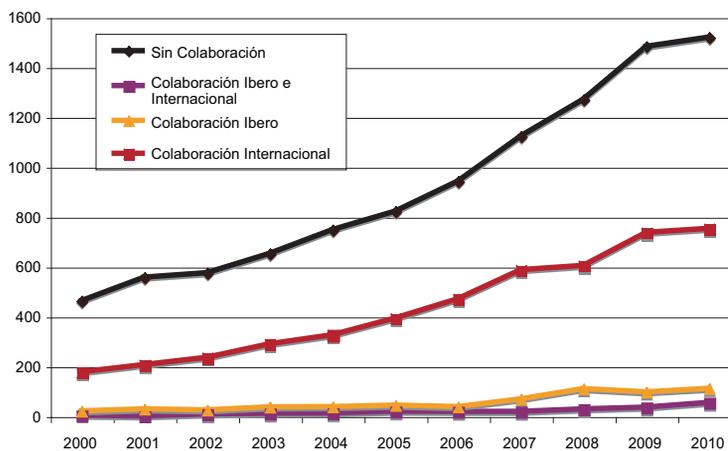
El caso español (**Gráfico 11**), dada su magnitud (que representa el 57% de las publicaciones regionales), refleja tendencias de producción muy similares a las observadas para el bloque iberoamericano, de crecimiento fuerte y constante durante todo el período 2000-2010 para los documentos sin colaboración fundamentalmente y para la copublicación internacional, que se cuadruplica entre puntas. 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 TIC, sumando sólo 836 de los 15.784 producidos en esos años por España en esta temática. Sin embargo, y no obstante su volumen relativamente menor, la colaboración iberoamericana crece cinco veces durante la década. De esta manera, parece consolidarse una cierta capacidad española para aglutinar en torno a sí la investigación científica en TIC en colaboración de los países iberoamericanos. En el caso brasileño (**Gráfico 12**), el segundo gran productor de la región iberoamericana en TIC, con participación en el 19% de las publicaciones regionales en la temática, se destaca una trayectoria de tendencia ascendente con algunos altibajos en la producción de documentos sin ningún tipo de colaboración internacional, patrón que puede estar relacionado con el creciente desarrollo de su sistema de ciencia y tecnología. La colaboración internacional muestra un lento crecimiento durante el espacio temporal

**Gráfico 10. Porcentaje de colaboración iberoamericana en TIC**



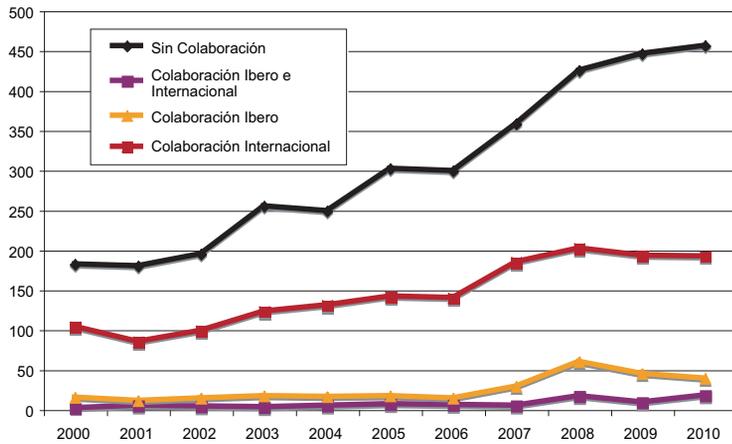
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.  
Nota: Acumulado 2000-2010. Se incluyen países con más de 10 artículos durante el período.

**Gráfico 11. Publicaciones españolas en TIC según colaboración**



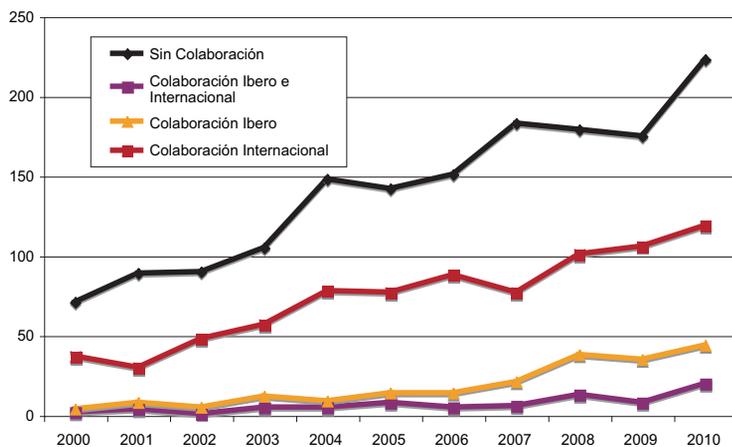
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

**Gráfico 12. Publicaciones brasileñas en TIC según colaboración**



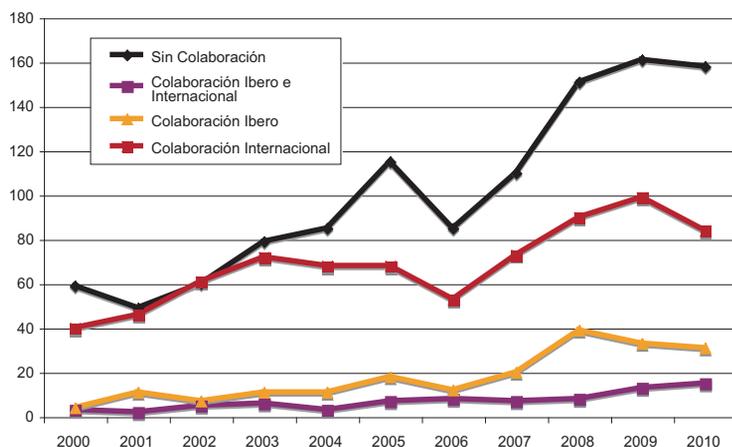
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

**Gráfico 13. Publicaciones portuguesas en TIC según colaboración**



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

**Gráfico 14. Publicaciones mexicanas en TIC según colaboración**



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

analizado con una leve caída al comienzo del mismo. Sin embargo este crecimiento no evita que, debido al mayor crecimiento de los documentos sin colaboración, este tipo de colaboración pierda 7,1 puntos porcentuales de su peso entre puntas, pasando del 34,3% al 27,2%. La colaboración iberoamericana e ibero-internacional resultan poco significativas, sobre todo este último con valores relativos de publicaciones muy bajos.

La producción científica portuguesa (**Gráfico 13**) muestra un marcado crecimiento, con pequeños altibajos, en la producción de documentos sin colaboración, que representa su principal forma de publicación en el campo de las TIC. La colaboración internacional presenta también una tendencia ascendente, triplicándose su volumen durante el período, al igual que la colaboración iberoamericana, que crece más fuertemente en los cuatro últimos años analizados. Mientras tanto, la copublicación ibero-internacional es muy pequeña en esta temática y manifiesta varias fluctuaciones durante el período bajo estudio.

El caso mexicano (**Gráfico 14**) muestra una pendiente creciente, aunque con marcados altibajos, en la producción científica en TIC realizada sin colaboración (la principal manera de generación de conocimiento de México en esta temática durante 2000-2010), casi triplicándose durante el período analizado. La producción en colaboración internacional (la segunda manera más importante de elaboración de documentos científicos en la temática de este país) es moderadamente creciente (se duplica entre puntas) pero con importantes altibajos, mientras que la colaboración iberoamericana, aunque con valores absolutos de publicación bajos, es la gran ganadora del período: pasa de 4 a 31 artículos entre 2000 y 2010, y de representar el 3,8% de la producción nacional en la temática al comienzo del período al 10,8% hacia el final de la década.

Por último, la contribución científica argentina (**Gráfico 15**) muestra las curvas de producción más irregulares del grupo de los cinco principales países de la región en la temática de las TIC. Los documentos sin colaboración crecen durante el período (casi duplicándose entre puntas), con interrupciones en 2003 y 2007. La trayectoria de copublicación internacional de Argentina en este campo crece también moderada e ininterrumpidamente a lo largo de la década analizada (logrando más que duplicarse entre puntas), excepto en 2006 y 2008. La colaboración iberoamericana muestra una fluctuante evolución pero también logra

duplicarse a lo largo del período. Por último, se presenta una oscilante pero fundamentalmente muy poco significativa copublicación ibero-internacional.

En el **Gráfico 16** se presentan los principales socios científicos de España en el campo de las TIC, todos ellos países no iberoamericanos. Se aprecia que los mayores vínculos del líder iberoamericano se establecen con Estados Unidos, el principal país a nivel mundial en la temática, y con Europa: Francia, Inglaterra (cuarto a nivel mundial), Italia y Alemania (quinto a nivel mundial). Es de destacar también la falta de colaboración científica, por el momento, con los países asiáticos que ocupan el segundo y el tercer lugar a nivel mundial (China y Japón), probablemente por cuestiones culturales y diferentes tradiciones en los procesos de generación de conocimiento.

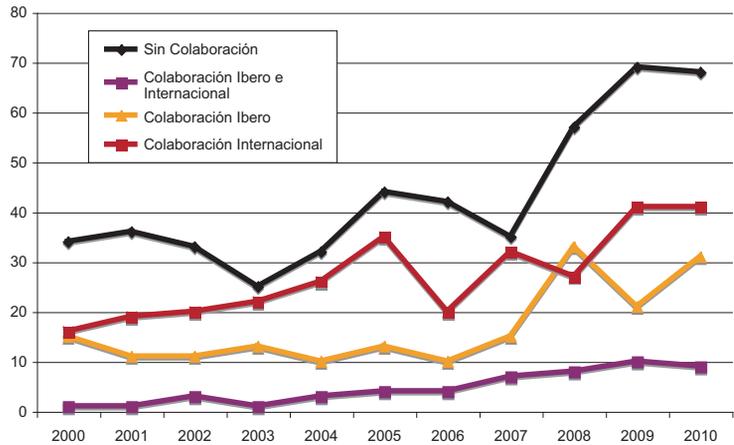
El caso de Brasil (**Gráfico 17**) muestra, en esta temática, una colaboración fuertemente concentrada en Estados Unidos. En segundo lugar y a distancia, con menos de la mitad de los documentos en colaboración publicados con investigadores estadounidenses, se encuentra Francia. Prácticamente compartiendo el tercer y cuarto lugar aparecen Canadá e Inglaterra y luego, en el quinto puesto, Alemania.

Portugal (**Gráfico 18**) presenta a Estados Unidos como su más importante socio científico en la producción en TIC, seguida por la colaboración con investigadores españoles e ingleses. En un cuarto lugar se encuentra Alemania y, en un muy cercano quinto lugar, aparece la vinculación con Brasil. Este último caso pone en evidencia que ambas naciones, además de compartir objetivos científicos comunes, están unidas por cuestiones idiomáticas y culturales, factores que suelen tener una importancia clave en el establecimiento de fructíferos lazos formales e informales de cooperación en ciencia y tecnología.

La investigación mexicana (**Gráfico 19**), al igual que la investigación brasileña, está básicamente concentrada en la colaboración con Estados Unidos, pero de manera aún más notable. En segundo lugar, nuevamente distante, se ubica España. En tercer lugar aparece Francia y en lejanos cuarto y quinto puestos, Inglaterra y, al igual que se observaba para el líder latinoamericano Brasil, la colaboración con Canadá.

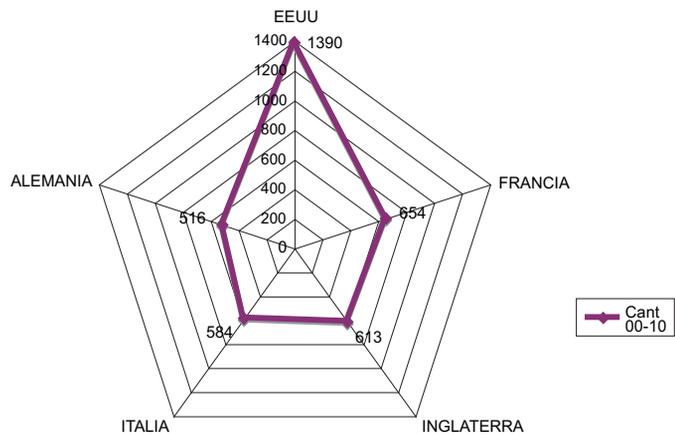
Finalmente, Argentina (**Gráfico 20**) presenta

**Gráfico 15. Publicaciones argentinas en TIC según colaboración**



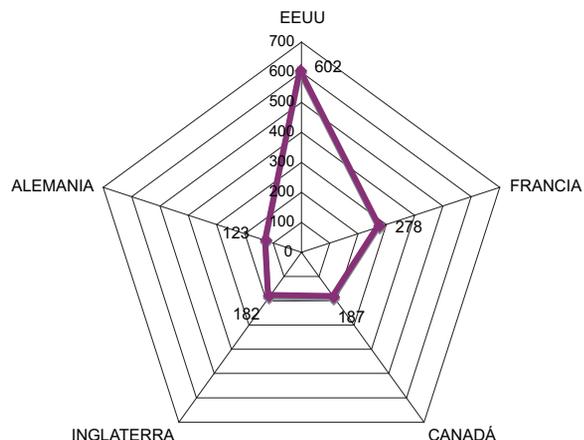
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

**Gráfico 16. Colaboración en publicaciones españolas en TIC**



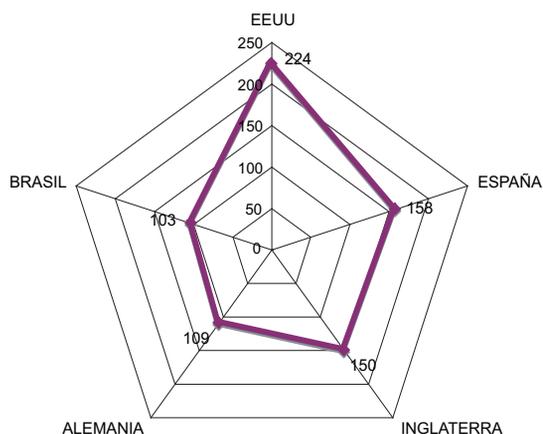
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.  
Nota: Acumulado 2000-2010.

**Gráfico 17. Colaboración en publicaciones brasileñas en TIC**



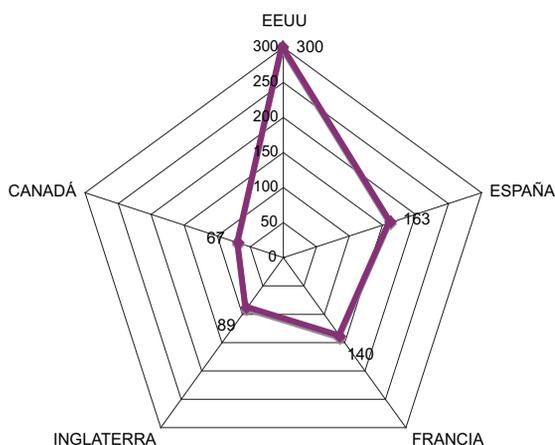
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.  
Nota: Acumulado 2000-2010.

**Gráfico 18. Colaboración en publicaciones portuguesas en TIC**



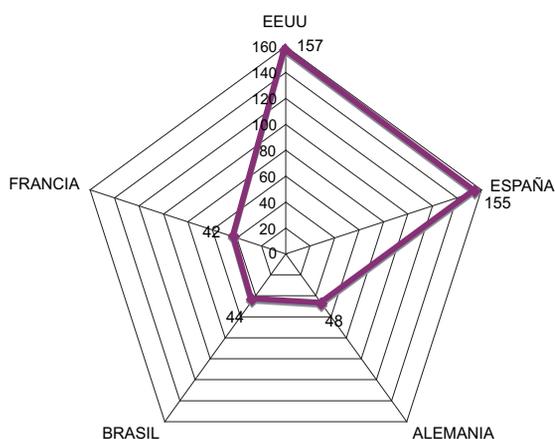
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.  
Nota: Acumulado 2000-2010.

**Gráfico 19. Colaboración en publicaciones mexicanas en TIC**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.  
Nota: Acumulado 2000-2010.

**Gráfico 20. Colaboración en publicaciones argentinas en TIC**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.  
Nota: Acumulado 2000-2010.

los ejes más fuertes de colaboración en TIC con Estados Unidos y España (casi equivalentes en volumen a lo largo del período). Este patrón es sumamente llamativo, dado que en el total de la producción argentina, al igual que en la mayoría de los países latinoamericanos, predomina la vinculación con Estados Unidos por un amplio margen con respecto al segundo. Completan sus cinco principales socios científicos en la producción en la temática Alemania, Brasil (único país latinoamericano) y Francia. La presencia de Brasil entre los cinco principales socios también amerita una mención, siendo el único caso en el que un latinoamericano aparece entre los socios principales en el grupo de países de América Latina aquí detallados.

A la vista de esta comparación entre países y con la excepción de Brasil, cabe destacar la presencia española como socio destacado en esta temática. En el total de la producción del conjunto de los países iberoamericanos es un colaborador muy importante, aunque su presencia tenga un volumen bastante menor a la de Estados Unidos, líder mundial en la investigación en TIC.

### 3.3 Iberoamérica en las redes internacionales de colaboración

La colaboración internacional no es reciente en la historia de la ciencia, aunque ha sido en las últimas décadas cuando se ha producido un acrecentamiento sustantivo de la misma. La tendencia de la ciencia hacia una mayor especialización y la necesidad de combinar el conocimiento procedente de distintos campos disciplinares para enfrentarse a los problemas científicos específicos son algunas de las razones que han provocado ese aumento.

La importancia de la colaboración científica en el desarrollo de sistemas de investigación de calidad es ampliamente reconocida y juega un rol cada vez más destacado en la generación de conocimiento científico. Asimismo, son progresivamente más numerosas las iniciativas gubernamentales en materia de política científica, en sus distintos niveles, encargadas de fomentar la colaboración en la investigación.

El análisis de las redes de cooperación entre países es especialmente útil para vislumbrar la interacción de sus actores, la intensidad de sus relaciones y para revelar dinámicas evolutivas. El grado de integración de la región iberoamericana, vista como un espacio de difusión y circulación de conocimiento, puede ser analizado a través de la publicación

conjunta de documentos entre los países que la conforman. La creciente, aunque aún muy 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 colaboración desarrolladas es posible determinar el mayor o menor nivel de integración de la red.

Las variaciones de conectividad entre los países de la red de publicaciones conjuntas de documentos científicos pueden ser descriptas mediante el indicador de densidad. Este parámetro mide la proporción de conexiones distintas existentes sobre el total de conexiones distintas posibles, es decir, cuantifica la intensidad de las relaciones colaborativas en el conjunto de la red.

El **Gráfico 21** presenta la evolución comparada, para el período 2000-2010, de la densidad de la red de copublicación científica en el campo de las TIC a nivel mundial y la de la red de publicaciones conjuntas en TIC de la región iberoamericana, evolución que es mensurada en el eje derecho. Las barras dan cuenta del número de naciones participantes en la red de Iberoamérica en cada año del período considerado, número que es cuantificado en el eje izquierdo.

Se advierte que mientras la densidad de la producción total mundial en TIC se mantuvo relativamente estable en el espacio temporal analizado, la cohesión dentro de la región iberoamericana se sostuvo en un nivel superior, aunque registró fuertes fluctuaciones en su crecimiento. En el año 2000 la red del bloque iberoamericano exhibía un índice de densidad de 0,24, mayor al que presentaba la red total internacional (0,14), ascendió en 2001 y se mantuvo constante en 2002, sufrió una fuerte alza en 2003, decayó consecutivamente en 2004 y 2005 y volvió a crecer en el período comprendido entre 2006 y 2009, con una pronunciada alza en el último año del cuatrienio (0,46). Finalmente, en el año 2010 la densidad experimentó una abrupta caída, ubicándose en 0,31, es decir, que se establecieron en dicho año el 31% de las interacciones colaborativas posibles. Este marcado descenso podría ser explicado, en buena parte, por la integración de nuevos países (menos vinculados) a la red, de integrar 13 países en 2009 pasó a 16 en 2010, representando esta cifra la cantidad máxima de nodos intervinientes en el período. A pesar del importante decrecimiento de la densidad de la red iberoamericana en el último año del período, su valor superó

**Gráfico 21. Nodos y densidad de las relaciones entre países**



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

ampliamente la densidad de la red de copublicación mundial en ese mismo año (0,19).

El análisis de cohesión de la red de colaboración científica expuesto evidencia que en el campo de las TIC, la región de Iberoamérica funciona efectivamente como un espacio de intercambio de conocimiento con un nivel de interacción interno mayor que el promedio general de la red de copublicación científica mundial en la temática.

Para conocer con mayor detalle el comportamiento colaborativo de las naciones intervinientes en la producción de conocimiento, es interesante analizar pormenorizadamente la posición que ocupan los países iberoamericanos en la investigación internacional en TIC. En el **Gráfico 22** se presenta la red mundial producida por la copublicación de documentos en tecnologías de la información y de las comunicaciones en el año 2000. Se han incorporado todos los países con al menos 10 publicaciones en ese año y se han resaltado los pertenecientes a la región iberoamericana.

Considerando que la cantidad de nodos de la red es muy grande y el entramado conectivo muy complejo, interfiriendo en la legibilidad y el análisis de los actores y enlaces principales, se ha recurrido a técnicas de poda. El objetivo perseguido por estas técnicas es 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* o MST) de un grafo. En este caso se ha utilizado una implementación del algoritmo de Prim. En la representación gráfica, el grosor de los vínculos se hizo proporcional a





España y Brasil ocupan lugares destacados en la red regional de colaboraciones a comienzos del período, no sólo por ser los países que mayor producción en colaboración poseen en la temática de las TIC, sino porque además son los que tienen más vínculos científicos con otros países de la región. Sin embargo, poseen entre sí una relación relativamente débil comparada con la relación que tiene España con Argentina, país con quien ha publicado cuatro veces más en conjunto que con Brasil. Ambos países líderes poseen vínculos con cinco países latinoamericanos y con Portugal, con quien Brasil posee un vínculo más intenso que España, probablemente motivados por la lengua en común (sumando cuatro veces más publicaciones que con el referido país de habla hispana).

En el **Gráfico 25** se observa un moderado crecimiento de la red de colaboración de Iberoamérica en TIC respecto del año 2000 en cantidad de participantes, ya que en 2010 se suman cuatro países a los doce del año base (Panamá, Ecuador, República Dominicana y Bolivia, si bien solo poseen una publicación en colaboración cada uno y Bolivia se encuentra desconectada de la red de colaboraciones). Sin embargo, al mismo tiempo se observa un interesante incremento de las articulaciones entre los países de la

región en la producción de publicaciones conjuntas en el campo bajo análisis.

En 2010 España y Brasil consolidan aún más su rol protagónico, si bien España supera ampliamente a Brasil en número de publicaciones en colaboración en la temática de las TIC, siendo que el primero logra casi cuadruplicar su producción en colaboración con respecto al año 2000 y el segundo alcanza a duplicarla. España duplica, además, la cantidad de países de la región con los que publica en colaboración respecto del año 2000, mientras que Brasil incorpora uno y Argentina y Portugal alcanzan los niveles de Brasil en cantidad de países con los que publican en colaboración.

Además, las publicaciones en colaboración en TIC entre España y Portugal se incrementan enormemente hacia 2010, superando ampliamente la colaboración observada entre Brasil y Portugal. A la vez, el país líder a nivel regional incrementa su colaboración en la temática con México y Argentina respecto del año 2000, mientras que Brasil aumenta su producción en colaboración llegando a cuadruplicar su colaboración con Portugal, triplicarla con España y duplicar su producción conjunta con Argentina. Asimismo, Uruguay y Costa Rica, que en el año 2000 se

Gráfico 24. Red de países iberoamericanos en TIC (2000)



encontraban desconectados de la red de colaboración, en el año 2010 se integran a la red al mismo tiempo que cuadruplican sus volúmenes de producción en colaboración en el campo estudiado.

Cabe agregar que, en términos de su participación relativa en el conjunto de la producción de los países de la región, para el año 2010 el peso de la colaboración iberoamericana en TIC ha permanecido prácticamente igual respecto del año 2000 para España (del 4% al 7%), Brasil (del 6% al 8%) y Argentina (del 24% al 27%); ha aumentado levemente en algunos países de la región como Portugal y Cuba (ambos han incrementado su producción en colaboración regional en 11 puntos porcentuales), Venezuela (10 puntos), México (9 puntos porcentuales) y Colombia (7 puntos) respecto del año 2000; y se ha incrementado de manera importante en Uruguay y Costa Rica (que pasaron de la ausencia de publicaciones en TIC en colaboración iberoamericana a un 33% y un 75% en 2010 respectivamente).

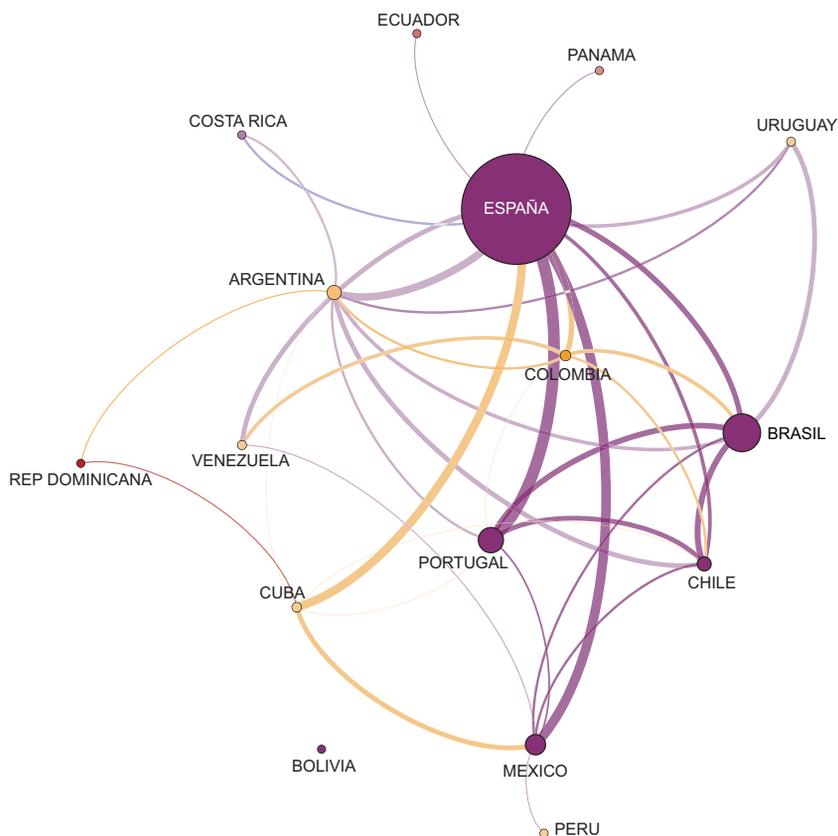
Con el propósito de cuantificar con más detalle tanto la posición de los países iberoamericanos en las redes de colaboración como sus cambios a lo largo del período estudiado, es posible recurrir a distintos indicadores propios del análisis de redes. El más simple de esos

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 TIC 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 2000 se presentan en azul y los correspondientes a 2010 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**.

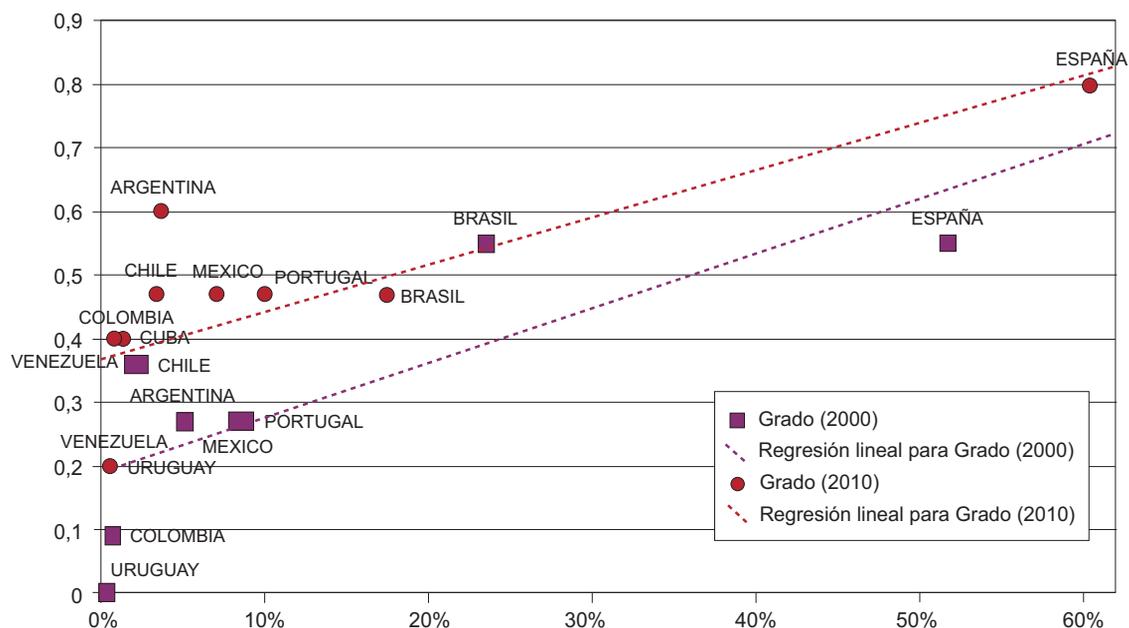
Se destaca fundamentalmente la evolución de España, que si bien registra un crecimiento moderado en los porcentajes de su participación en el campo de la investigación en TIC de la región (pasa del 51,7% de la

**Gráfico 25. Red de países iberoamericanos en TIC (2010)**



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

Gráfico 26. Grado normalizado y participación en la producción iberoamericana en TIC



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

Tabla 1. Grado normalizado y participación en la producción en TIC

País	Participación en la producción iberoamericana (2000)	Grado (2000)	Participación en la producción iberoamericana (2010)	Grado (2010)
ESPAÑA	51,71%	0,55	60,40%	0,80
BRASIL	23,52%	0,55	17,45%	0,47
PORTUGAL	8,85%	0,27	10,05%	0,47
MEXICO	8,23%	0,27	7,13%	0,47
ARGENTINA	5,12%	0,27	3,69%	0,60
CHILE	2,41%	0,36	3,44%	0,47
COLOMBIA	0,70%	0,09	1,44%	0,40
VENEZUELA	0,70%	0,09	0,92%	0,40
URUGUAY	1,94%	0,36	0,59%	0,20
CUBA	0,31%	0,00	0,45%	0,20
PERU	0,08%	0,09	0,12%	0,07
COSTA RICA	0,08%	0,00	0,10%	0,13
BOLIVIA	0,00%	0,00	0,02%	0,00
REP.DOMINICANA	0,00%	0,00	0,02%	0,13
ECUADOR	0,00%	0,00	0,02%	0,07
PANAMÁ	0,00%	0,00	0,02%	0,07

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

producción iberoamericana en 2000 al 60,4% en 2010), manifiesta un crecimiento significativo de su centralidad en la red regional, que asciende tanto en términos absolutos (pasando de 0,65 a 0,80) como en relación a los demás países (pasando de ubicarse relativamente distante por debajo de la línea de regresión a posicionarse casi sobre la misma recta).

Los siguientes cuatro países iberoamericanos en cuanto a volumen de producción científica en TIC presentan crecimientos moderados (Portugal) o incluso disminuciones (Brasil, Argentina y México) en su participación relativa en la producción iberoamericana. En los casos de Portugal, México y fundamentalmente de Argentina, esa evolución diferencial se acompañó de un importante incremento del grado de centralidad en la conformación de redes iberoamericanas de producción científica en la temática (de 0,27 a 0,47 en los casos portugués y mexicano y de 0,27 a 0,60 en el caso argentino) que, en el contexto global de crecimiento de las relaciones en la red, las posicionó por arriba de la recta de regresión hacia el final del período bajo análisis. Brasil, en cambio, acompañó la disminución de su participación relativa en el volumen de la producción regional disminuyendo también el valor de su indicador de grado normalizado de interacciones (de 0,55 a 0,47).

Finalmente, Chile y Colombia aumentan su posición en cuanto a la participación en la producción regional en los dos momentos analizados y su centralidad relativa en el contexto de creciente densidad de la red; y Venezuela disminuye tanto su participación en la producción

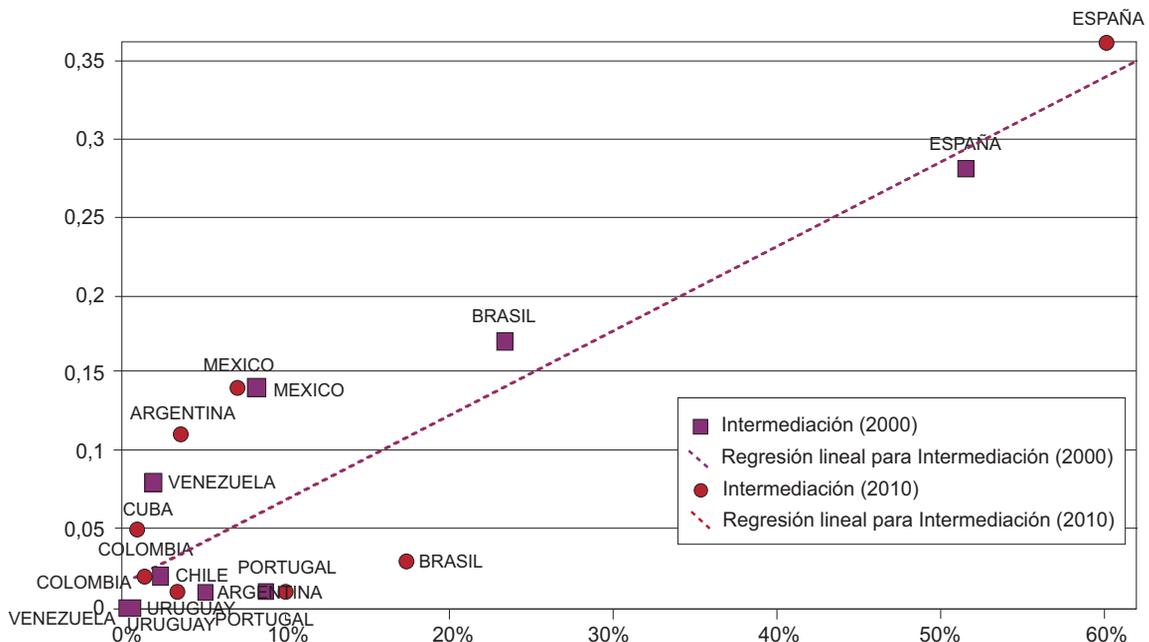
iberoamericana como su centralidad, como lo muestra su alejada posición por debajo de la línea de regresión trazada en el gráfico hacia el final del período analizado.

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 TIC.

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 2000 se presentan en azul y los del año 2010 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 gráfico, pero para la totalidad de los países iberoamericanos con producción científica en TIC 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 crecimiento moderado de su

**Gráfico 27 . Intermediación y participación en la producción en TIC**



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

**Tabla 2. Intermediación normalizada y participación en la producción en TIC**

País	Participación en la producción iberoamericana (2000)	Intermediación (2000)	Participación en la producción iberoamericana (2010)	Intermediación (2010)
ESPAÑA	51,71%	0,00	60,40%	0,36
BRASIL	23,52%	0,01	17,45%	0,03
PORTUGAL	8,85%	0,27	10,05%	0,01
MEXICO	8,23%	0,00	7,13%	0,14
ARGENTINA	5,12%	0,02	3,69%	0,11
CHILE	2,41%	0,15	3,44%	0,01
COLOMBIA	0,70%	0,08	1,44%	0,02
CUBA	0,70%	0,00	0,92%	0,05
VENEZUELA	1,94%	0,00	0,59%	0,00
URUGUAY	0,31%	0,00	0,45%	0,00
PERU	0,08%	0,01	0,12%	0,00
COSTA RICA	0,08%	0,00	0,10%	0,00
BOLIVIA	0,00%	0,00	0,02%	0,00
REP.DOMINICANA	0,00%	0,00	0,02%	0,00
ECUADOR	0,00%	0,00	0,02%	0,00
PANAMÁ	0,00%	0,00	0,02%	0,00

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

participación en la producción regional entre 2000 y 2010, se ha incrementado muy fuertemente y, en este sentido, su papel como articulador de la red se vuelve más crítico.

Su seguidor, Brasil, muestra en cambio una disminución de su participación y un moderado aumento de su intermediación, que resulta muy bajo 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 la consolidación de un patrón de producción menos iberoamericano que nacional e, inclusive, internacional “extra-regional”.

Entre el resto de los países que tienen mayor volumen de producción se observan en tal sentido situaciones diversas: mientras Portugal y México mantienen uno su baja y el otro su media capacidad de intermediación relativa en la red regional durante el período analizado, Argentina adquiere hacia 2010 una posición de articulación mucho más importante que la que tenía hacia 2000.

### 3.5. El entramado institucional de la investigación iberoamericana en TIC

Anteriormente se ha podido vislumbrar patrones y tendencias en la colaboración científica entre las naciones de Iberoamérica, así como su inserción en redes de conocimiento a nivel mundial. De igual modo, el análisis de las publicaciones conjuntas entre las instituciones más productivas de la región brinda un interesante panorama del entramado que conforma la investigación en TIC a

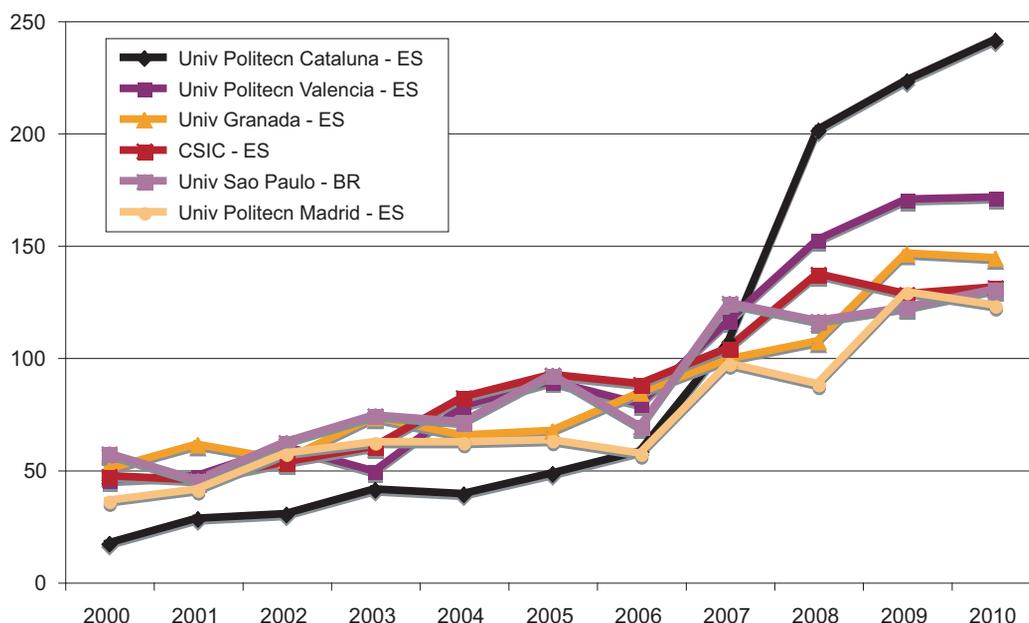
nivel del bloque regional. La colaboración interinstitucional también puede ser vista como un mecanismo por el cual se aúnan fuerzas para alcanzar mayores y mejores investigaciones.

Como se desprende del análisis precedente, la producción iberoamericana en TIC se concentra fuertemente en unos pocos países. A nivel institucional, sigue patrones similares. Si bien existen una multiplicidad de instituciones con al menos un documento en TIC registrado en el SCI entre 2000 y 2010, cinco ellas dan cuenta de algo más de la quinta parte de la producción total en ese período.

Seis instituciones de Iberoamérica dedicadas a I+D sobresalen del resto por su volumen productivo en TIC durante el período 2000-2010 (**Gráfico 28**). En relación directa con el predominio productivo de España en la región, cinco de estas instituciones (que aglutinan el 17,5% de la producción iberoamericana) corresponden a este país y una a Brasil, el segundo en volumen de publicaciones. Como se observa, ocupando la primera posición en producción de documentos en la temática en los últimos años del período, se destaca la Universidad Politécnica de Cataluña de España, que ascendió inicialmente a ritmo sostenido y luego experimentando un notorio y rápido aceleramiento hacia 2007 desde el quinto puesto en 2000 al primero en 2008, como resultado del crecimiento entre puntas más importante y extraordinario registrado en el grupo.

En segundo lugar, sobresale Universidad Politécnica de Valencia, España, que escaló de la cuarta posición en 2000 a la segunda posición en 2008, mostrando un aumento sustantivo en el período (280%), aunque no

Gráfico 28. Publicaciones iberoamericanas en TIC por institución



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

exento de ciertas oscilaciones. Seguidamente, aparece la Universidad de Granada, también española, que descendió una posición en el espacio temporal analizado, de ocupar el segundo lugar productivo en 2000 pasó a la tercera posición en 2009, a pesar de ostentar un importante crecimiento entre puntas (188%).

Se ubica en cuarto lugar el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) español, conformado por distintos institutos y centros ejecutores de I+D. Este Consejo también perdió protagonismo, descendiendo una posición entre 2000-2010.

El quinto y sexto lugar de la región están ocupados por la Universidad de San Pablo, Brasil, y la Universidad Politécnica de Madrid. La institución brasileña decayó tres posiciones, mientras la española bajó una posición en el período contemplado. El crecimiento más fuerte fue experimentado por la universidad española, que alcanzó el 242%, frente al 128% de la universidad brasileña.

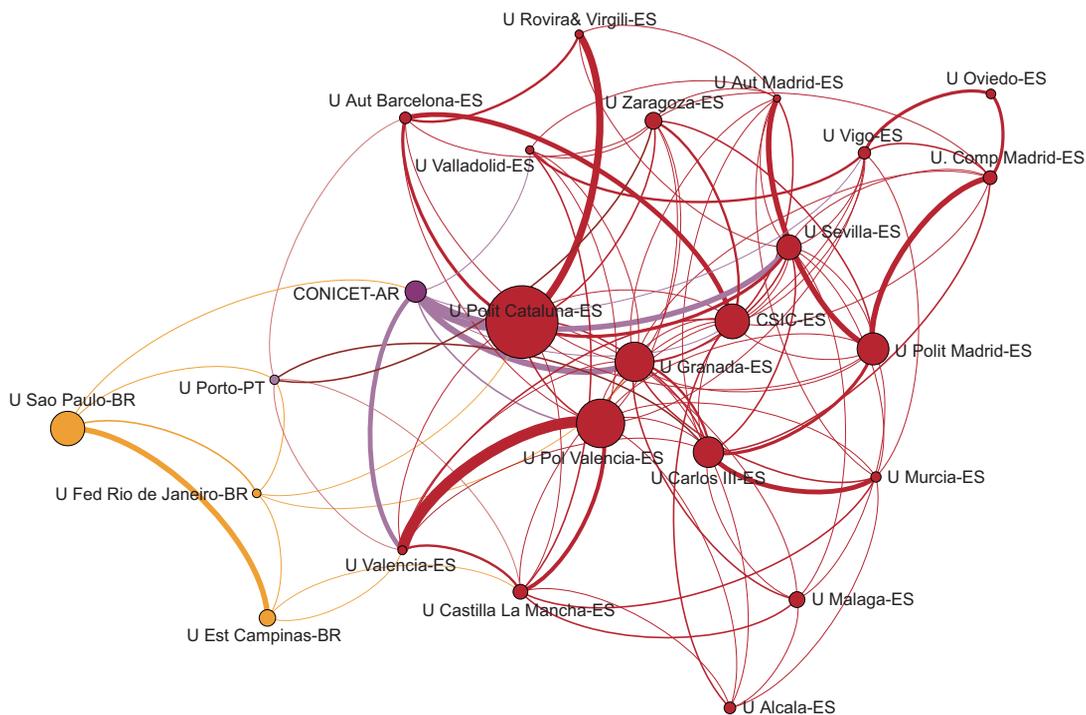
En el **Gráfico 29** se exhibe la red de colaboración científica entre las veinticinco instituciones de la región iberoamericana con mayor producción científica en TIC en 2010. El tamaño de los nodos da cuenta del volumen de producción de las instituciones, mientras que los enlaces representan los documentos colaborados en común y su grosor la cantidad de publicaciones conjuntas. Los documentos en colaboración con más de una institución

han sido contabilizados a las diferentes instituciones firmantes. Los colores de los distintos nodos han sido asignados de acuerdo al país de la institución a la que pertenecen: naranja para España, verde para Brasil, azul para Argentina y púrpura para Portugal.

En la elaboración de la red, al igual que en las anteriores, se ha aplicado un algoritmo de fuerza, cuyo principio persigue evitar el entrecruzamiento de enlaces y distribuir los nodos uniformemente en el espacio, asignando fuerzas a cada uno de ellos como si fueran elásticos. Por la aplicación de este algoritmo, la zona central del gráfico es ocupado por los nodos, en este caso instituciones, que más se relacionan con el resto, mientras que aquellos con menos relaciones o menos copublicaciones en común, se sitúan en la periferia.

En consecuencia, la parte central de la red es compartida por las tres universidades españolas más productivas en 2010 y con mayor número de conexiones: las Universidades Politécnicas de Cataluña y de Valencia y la Universidad de Granada, siendo fundamentalmente la Universidad Politécnica de Cataluña, por su grado e intensidad de interconexión, la principal articuladora de la colaboración iberoamericana -mayormente española- en TIC. También se destaca por su nivel de interconexión el CSIC español, aunque prácticamente carece de vínculos con instituciones extranjeras.

**Gráfico 29. Red de instituciones iberoamericanas a partir de la copublicación (2010)**



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

Asimismo, se observa que las instituciones connacionales con mayor presencia, las españolas y brasileñas, se agrupan en el espacio debido a que tienen mayores niveles de colaboración entre sí que con el conjunto de la red. La única institución portuguesa presente en el entramado, la Universidad de Porto, se ubica entre el agrupamiento brasileño y el español por su relación, aunque escasa, con ambos frentes institucionales. Por su parte, la única institución argentina presente, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), se ubica próximo a la zona central por su fuerte vinculación con las españolas Universidad Politécnica de Cataluña, Universidad de Granada y Universidad de Sevilla.

Es evidente que la importante presencia de instituciones de España en la red (20 de las 25 presentes) configura un entramado conectivo de fuerte interrelación a nivel país. Por otro lado, de las tres instituciones brasileñas con presencia en el conjunto, las Universidades de San Pablo, Estatal de Campinas y Federal de Río de Janeiro, son la primera y la segunda las que muestran los lazos más estrechos entre sí.

De igual manera que en el análisis de las redes de colaboración internacional, y con el objeto dar cuenta de la relación entre el volumen de documentos de una institución y sus vinculaciones, en el **Gráfico 30** se muestra la distribución de las diez instituciones

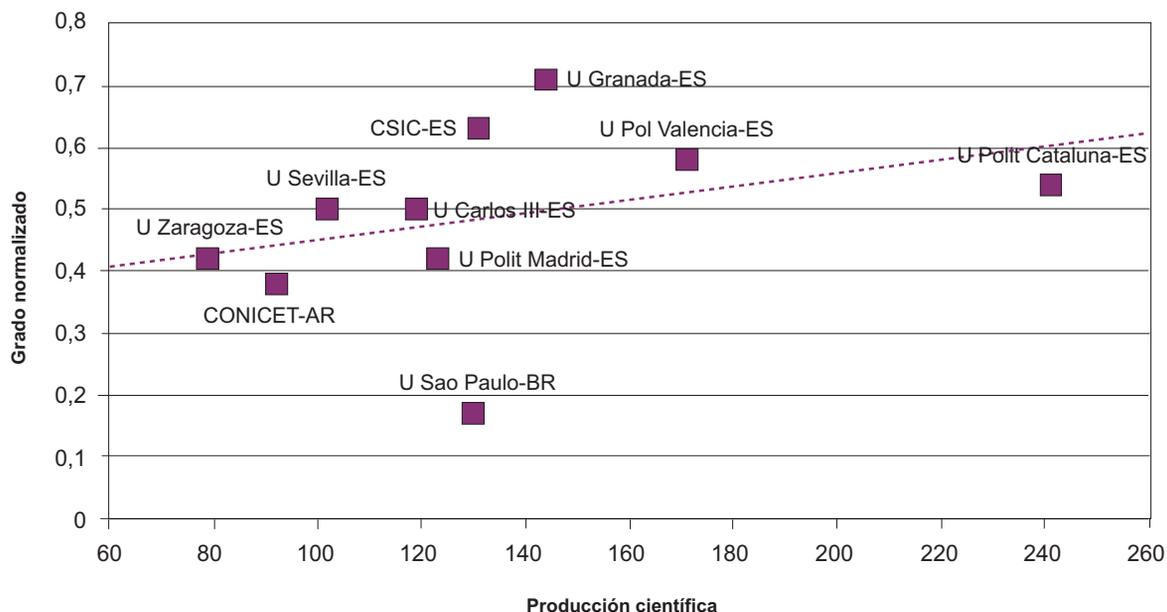
iberoamericanas más productivas (los datos para la totalidad de las instituciones observadas en este apartado se presentan en la **Tabla 3**) en un plano definido por la cantidad de documentos publicados en TIC en el SCI durante 2010 en el eje x y el grado normalizado (calculado como la cantidad de relaciones que tiene una institución, sobre el número total relaciones posibles si estuviera conectada 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.

Es importante señalar que debido a la escasa vinculación intraregional de las instituciones españolas, sus posiciones están determinadas básicamente por las relaciones establecidas dentro de su propio país.

La Universidad Politécnica de Cataluña, España, la institución con mayor volumen productivo a nivel regional, tiene una centralidad que la sitúa bajo la línea de regresión, poniendo en evidencia un bajo nivel de conexión. En cambio, la española Universidad de Granada, tercera en volumen de publicaciones, presenta la mayor centralidad de la región iberoamericana, evidenciando sus fuertes relaciones científicas con las demás instituciones del bloque regional en el campo de las TIC.

Otras instituciones, todas ellas españolas, que sobresalen

Gráfico 30. Cantidad de publicaciones y grado normalizado de instituciones iberoamericanas (2010)



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

Tabla 3. Publicaciones y grado normalizado de la red institucional (2010)

	Producción Científica	Grado Normalizado
U Polit Cataluna-ES	241	0,54
U Pol Valencia-ES	171	0,58
U Granada-ES	144	0,71
CSIC-ES	131	0,63
U Sao Paulo-BR	130	0,17
U Polit Madrid-ES	123	0,42
U Carlos III-ES	119	0,50
U Sevilla-ES	102	0,50
CONICET-AR	92	0,38
U Zaragoza-ES	79	0,42
U Est Campinas-BR	78	0,17
U Malaga-ES	76	0,29
U Castilla La Mancha-ES	73	0,42
U. Comp Madrid-ES	70	0,33
U Vigo-ES	66	0,38
U Alcala-ES	64	0,25
U Aut Barcelona-ES	64	0,29
U Murcia-ES	60	0,33
U Oviedo-ES	58	0,08
U Porto-PT	57	0,29
U Valencia-ES	56	0,38
U Fed Rio de Janeiro-BR	55	0,21
U Rovira & Virgili-ES	54	0,17
U Valladolid-ES	54	0,29
U Aut Madrid-ES	51	0,38

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.  
Nota: Año 2010.



la región iberoamericana en su conjunto. Ella presenta fuertes relaciones directas con cinco de las trece importantes disciplinas científicas y tecnológicas antes mencionadas; en orden decreciente, se trata de: Ingeniería eléctrica y electrónica, Informática y teoría y métodos, Investigación operativa y ciencias de la administración (y, a través de ella, con Administración de empresas, Ingeniería industrial, Ingeniería multidisciplinar, Ingeniería de fabricación, Economía y negocios, y Planificación y desarrollo), Sistemas de automatización y control, y Estadística y probabilidad. A su vez, esta disciplina troncal está vinculada con varias áreas más pequeñas: Neurociencias (y, a través de ella, con Fisiología y Neurología clínica), Psicología experimental, Informática cibernética (y, a través de ella, con Ergonomía), Ingeniería biomédica (y, a través de ella, con Informática médica y Radiología y medicina nuclear) y Robótica.

Se destacan, además, tres bloques temáticos que mantienen estrechas relaciones directas con Ingeniería e inteligencia artificial y presentan estructuras fuertemente ramificadas. El primero de esos bloques está liderado por otra importante disciplina antes referida: *Informática, teoría y métodos*, que se articula, a su vez, con disciplinas que concentran los mayores volúmenes relativos de citas y dos ramificaciones: Informática e ingeniería del software (que la conecta con Informática y hardware, Informática y sistemas de información, Ciencia y documentación, y Educación e investigación educativa) y Matemáticas aplicadas (área a su vez relacionada con Física matemática, Física de los fluidos y el plasma, y Física multidisciplinar-, Mecánica -y, a través de ella, con Ingeniería civil, Ingeniería mecánica, Acústica y Comunicación, y Matemáticas); en orden decreciente de citas recibidas.

Un segundo bloque temático directamente articulado a la disciplina troncal de la producción científica en TIC de Iberoamérica se organiza alrededor de *Ingeniería eléctrica y electrónica*, la disciplina con más citas en la región y que mantiene relaciones radiales y ramificaciones menores con otras cinco disciplinas: Telecomunicaciones, Óptica, Física aplicada, Instrumentación (y, a través de ella, con Química analítica) y Ciencia de la imagen y tecnología fotográfica, en orden decreciente de citas recibidas. Física aplicada se vincula con otras tres áreas: Física del estado sólido, Ciencia de los materiales multidisciplinar, y Nanociencia y nanotecnología, también en orden decreciente de citas recibidas.

Finalmente, es posible distinguir un tercer bloque temático directamente vinculado a Ingeniería e inteligencia artificial y articulado alrededor de *Estadística y probabilidad*. Esta disciplina tiene estrechas relaciones, a su vez, con dos áreas a partir de las cuales presenta las mayores ramificaciones de la región: Matemáticas y aplicaciones interdisciplinarias, y Matemática e informática biológica. El área de Matemáticas y aplicaciones interdisciplinarias se conecta con Psicología matemática, Ciencias sociales y métodos matemáticos, Economía y Medio ambiente (a través de la cual se vinculan Ingeniería medioambiental, Geociencias multidisciplinar, Meteorología y ciencias de la

atmósfera, Energía y combustibles, Ecología y Recursos hídricos). Finalmente, el área de Matemática e informática biológica se articula con Biométodos (que a su vez se conecta con Biotecnología y microbiología aplicada, y Genética y herencia) y Bioquímica y biología molecular (disciplina relacionada con Química multidisciplinar -y, a través de ella, con Química médica, Química física y Física atómica- y Farmacología y farmacia).

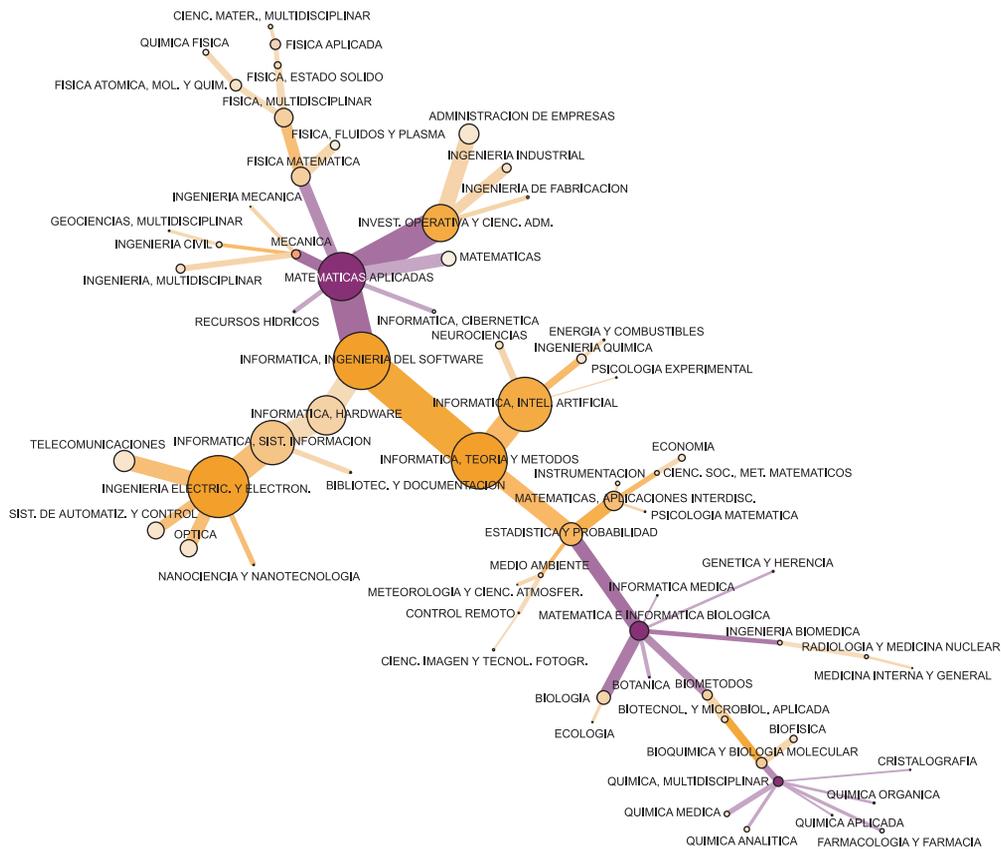
Los **Gráficos 32 a 36** presentan las redes temáticas actuales correspondientes a los cinco principales países de Iberoamérica en materia de producción científica en TIC. En los cinco casos se observan algunas similitudes con la red emergente para el conjunto regional en términos de presencia de las disciplinas con más citas en la red iberoamericana y 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 interesantes particularidades locales que podrían estar mostrando ciertas especializaciones temáticas nacionales. También cabe advertir que en aquellos países que tienen menor volumen de producción científica relativa (Portugal, México y Argentina) algunas asociaciones temáticas entre disciplinas y sub-disciplinas de escaso volumen son el resultado de 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 co-citaciones correspondientes a los artículos españoles en tecnologías de la información y las comunicaciones en 2010. Su tamaño, en términos de la cantidad de nodos presentes, es prácticamente igual al de la red del total iberoamericano, recuperándose 206 disciplinas citadas de autores pertenecientes a España. La composición temática y la estructura de los nodos centrales resultan muy similares a las observadas en la red emergente para el conjunto de Iberoamérica pero con más ramificaciones. Además, las áreas más importantes en la red española en TIC concentran cada una aproximadamente dos terceras partes 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 este campo.

Entre las diferencias más importantes entre la red de España y la del total de Iberoamérica, cabe señalar tres especificidades nacionales. En primer lugar, en la subred temática organizada en torno a Informática, teoría y métodos aparecen, en orden decreciente de citas y vinculadas a Informática y sistemas de información, las sub-disciplinas Bibliotecología y documentación, y Medicina interna y general; y, también en orden decreciente de citas recibidas pero vinculadas a Física matemática, las sub-disciplinas Física atómica, molecular y química, y Química multidisciplinar. En segundo lugar, en la subred temática organizada alrededor de Ingeniería eléctrica y electrónica española se observan disciplinas y sub-disciplinas que en la red regional estaban vinculadas con otras áreas, como es el caso de Ingeniería mecánica, Mecánica, Acústica y Comunicación (que en Iberoamérica en su conjunto aparecían relacionadas con Matemáticas aplicadas e Informática, teoría y métodos), e Ingeniería



**Gráfico 33. Red de disciplinas emergente de las co-citaciones de los artículos brasileños en TIC (2010)**



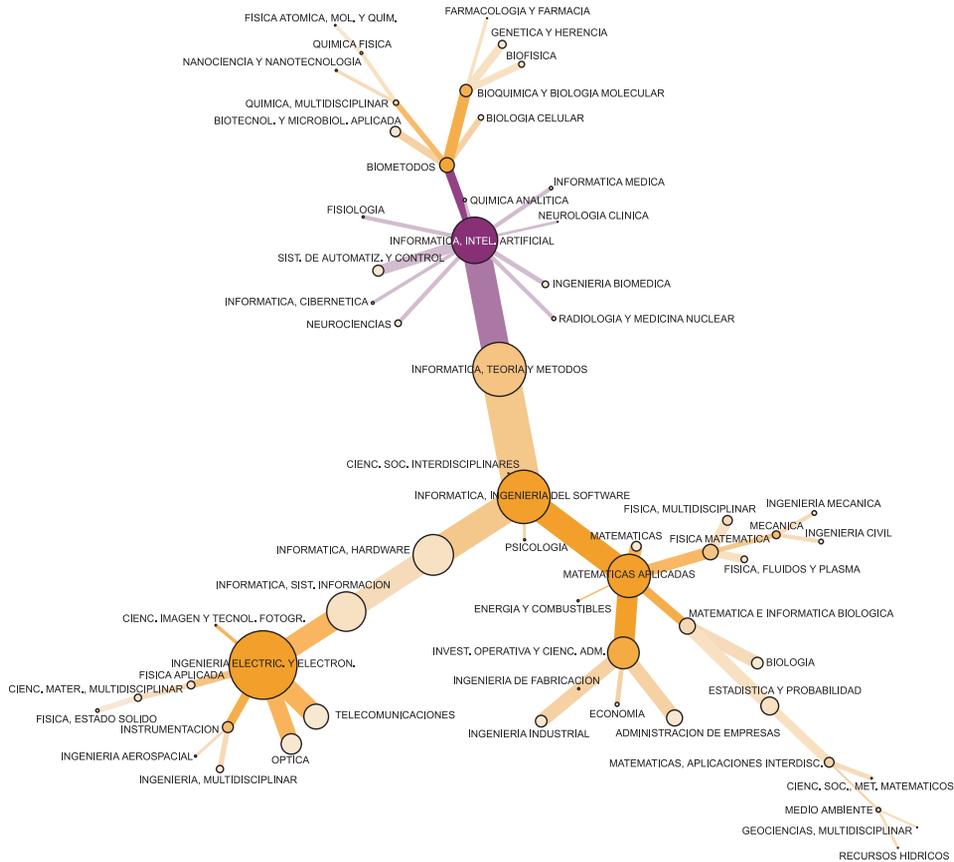
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

presenta una estructura básica bastante parecida a la del total iberoamericano en cuanto a las principales disciplinas y sub-disciplinas que articula, pero con algunas pequeñas particularidades en la estructura de ramificaciones en los nodos que concentran el mayor número de citas y que la acercan a Brasil. Entre esas particularidades cabe destacar que la disciplina troncal en la red temática en TIC en Portugal no es Informática e inteligencia artificial como en el conjunto iberoamericano, sino Informática e ingeniería del software (al igual que en la red de Brasil). También merecen atención las ramificaciones observadas a partir de Matemáticas aplicadas, disciplina articulada a Investigación operativa y ciencias de la administración y sub-disciplinas conexas (nuevamente, como en el caso brasileño), a Matemática e informática biológica (y, a través de ella, a Biología, Estadística y probabilidad, y otras) y a Física matemática (y, a través de ella, a varias especialidades de la ingeniería) que en la red regional iberoamericana estaban asociadas pero directamente conectadas con Informática, teoría y métodos, o Biométodos, y siempre mediadas por Informática e inteligencia artificial, pero que en el caso portugués se articulan en torno a Informática e ingeniería del software.

En el **Gráfico 35** se presenta la red de disciplinas y sub-disciplinas científicas y tecnológicas construida a partir de las co-citaciones para los artículos publicados en el campo de las TIC por investigadores mexicanos en 2010, compuesta por 134 disciplinas y con una estructura básica, aunque menos voluminosa y ramificada, bastante parecida en términos generales a la del total iberoamericano en cuanto a las áreas que articula.

Un par de diferencias con ella pueden, no obstante, marcarse. Por una parte, que directamente articuladas con la disciplina que concentra el mayor número de citas en la red mexicana, Ingeniería eléctrica y electrónica, están Sistemas de automatización y control, área que en la red iberoamericana estaba conectada con publicaciones de Informática e inteligencia artificial; Ingeniería mecánica y Mecánica, sub-disciplinas que en la red regional están vinculadas con Matemáticas aplicadas; y Física atómica, molecular y química, y Química física, que en la región en su conjunto aparecen ligadas a Matemática a informática biológica. Por otra parte, Informática y sistemas de información, aparece, en lugar de articulada a áreas teóricas y metodológicas de informática e ingeniería del software y el hardware como en

Gráfico 34. Red de disciplinas emergente de las co-citaciones de los artículos portugueses en TIC (2010)



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

la red regional, directamente relacionada con Informática e inteligencia artificial, la principal disciplina en TIC en número de citas en México.

Para concluir con esta sección, el **Gráfico 36** muestra la red de disciplinas y sub-disciplinas emergente de las co-citaciones realizadas por los artículos argentinos en TIC en 2010, que con 122 nodos se convierte en la red temática más pequeña de los cinco principales países de la región.

Su estructura reticular es similar a la del conjunto de Iberoamérica, con algunas diferencias interesantes. Las conexiones más fuertes se producen entre las cinco disciplinas científicas de mayor peso relativo en el caso argentino, esto es y en orden decreciente de citas recibidas: Informática e inteligencia artificial; Informática, teoría y métodos; Informática e ingeniería del software; Ingeniería eléctrica y electrónica; e Informática y sistemas de información (área esta última de singular importancia en la producción argentina en TIC a diferencia de las demás naciones analizadas). Las principales particularidades locales se encuentran, nuevamente y en este caso sumándose a la escala relativamente pequeña del árbol temático, en la posición de algunas áreas, como Sistemas de automatización y control, vinculada a Ingeniería eléctrica y electrónica, e Ingeniería química,

vinculada a Investigación operativa y ciencias de la administración (en lugar de directamente a Informática e inteligencia artificial); o Bioquímica y biología molecular, relacionada directamente con Química multidisciplinaria e indirectamente con Informática y sistemas de información (en lugar de a Matemática e informática biológica), todos ellos ejemplos de más de diez publicaciones.

#### 4. DESARROLLO TECNOLÓGICO EN TIC

Mientras que las publicaciones ofrecen un panorama detallado de los patrones y tendencias en investigación en el campo de las TIC, las patentes de invención posibilitan un análisis equivalente enfocado en el desarrollo tecnológico. Estos documentos permiten seguir con un profundo nivel de detalle la evolución de las actividades orientadas a la creación de nuevos productos y procesos.

Se trata, sin embargo, de una fuente de información que debe ser manejada con ciertos cuidados. El patentamiento es, en las empresas de base tecnológica, una herramienta que no sólo sirve para proteger los resultados de la I+D, sino también un elemento importante de sus estrategias comerciales. La decisión de patentar o no una invención, dónde hacerlo y bajo la titularidad de quién, son cuestiones relacionadas con las características de los



mercados, el potencial económico del invento, pero también con la situación de los competidores. En algunos casos, las empresas optan por el secreto industrial como forma de protección o presentan sus solicitudes bajo la titularidad de subsidiarias, con el objetivo de valorizarlas o de no hacer evidentes sus estrategias a los competidores. El marco jurídico del país es asimismo un factor de influencia para el registro de patentes generadas a partir de resultados de investigaciones realizadas en universidades u otros organismos públicos de investigación.

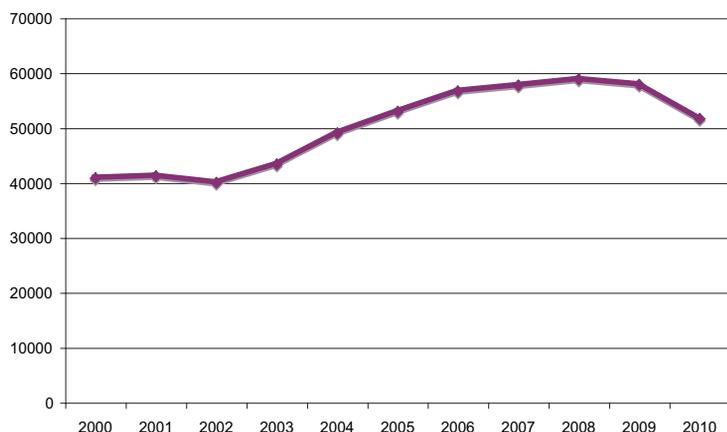
Se ha optado por utilizar la base de datos de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO, según su sigla en inglés), que ofrece los documentos registrados mediante el Tratado de Cooperación en materia de Patentes (PCT, también según su sigla en inglés). La solicitud y el mantenimiento de patentes internacionales registradas mediante el tratado PCT son costosos en términos económicos y de gestión, en particular para los países de menor desarrollo relativo de Iberoamérica, por lo que sólo suelen registrarse allí los inventos con un potencial económico o estratégico importante. La selección y priorización de esta fuente a lo largo del presente análisis se basó en ese criterio de calidad, de modo de relevar con la mayor precisión posible los avances tecnológicos de punta a nivel mundial, teniendo a la vez menos sesgos que otras fuentes para una comparación regional.

El análisis presentado en este informe permite observar un panorama de los cambios en los volúmenes de patentamiento, los principales titulares, la participación de inventores de la región y las áreas específicas de mayor desarrollo.

#### 4.1. La evolución del patentamiento en TIC

El **Gráfico 37** muestra la evolución temporal de las patentes publicadas a nivel mundial en el sector durante el decenio 2000-2010. Durante los primeros tres años (2000-2002) se observa un cierto

**Gráfico 37. Total de patentes publicadas en TIC en el mundo**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

amesetamiento que mantiene las patentes por debajo del techo de las 42.000 publicaciones anuales, ostentando durante estos años apenas una amplitud del 3% (1228 patentes) entre los valores máximos y mínimos. El trienio muestra hacia 2002 una caída a los niveles más bajos de toda la serie sumando un total de 40.026 patentes en dicho año.

Al año siguiente (2003) se observa el comienzo de una tendencia positiva, con una importante curva de crecimiento que se mantiene por encima del 7% anual -con un pico del 13% en 2004- hasta 2006, donde se registra un total de 56.685 patentes publicadas en el sector de tecnologías de la información y las comunicaciones. Para 2007 la curva de crecimiento de estas publicaciones se estabiliza en valores cercanos 2%, tendencia que se mantiene por apenas dos años para registrar hacia finales de la década una nueva contracción: en 2009 de un 1,5%, y en 2010 con ya una importante retracción del 11%.

En resumen, la evolución del patentamiento durante estos diez años muestra tres etapas marcadas, la primera (2000-2002) con un estancamiento en torno a las 40.000 patentes anuales. La segunda (2003-2006) con un gran crecimiento del 36%. Y la tercera de amesetamiento y decaimiento (2007-2010) en la que la curva de crecimiento se estanca en valores cercanos a las 57.000 patentes durante los primeros tres años para retrotraerse a valores de 2005 en el último año de la serie.

Para el final de la década se termina ubicando en un nivel de patentamiento un 26% por encima de los valores registrados en 2000, con un nivel de algo más de 10.000 documentos anuales por encima de aquel año. Sin embargo, podemos ver cómo durante el final de la serie se observa una desaceleración en el nivel de patentamiento que parece no encontrar todavía su piso.

Por su parte situación en Iberoamérica puede verse reflejada en el **Gráfico 38** que recopila las patentes registradas de titulares iberoamericanos. En este caso, vemos que el crecimiento es positivo en los niveles de patentamiento de parte de titulares iberoamericanos durante los diez años consecutivos. El nivel de crecimiento es acelerado durante los cuatro primeros años de la serie (2000-2003) con aumentos de 25 a 40 patentes anuales, notándose cierta desaceleración en el bienio 2004-2005 con aumentos del 16 y 5 patentes respectivamente,

estabilizándose en valores marginales durante 2006 y 2007. El crecimiento se retoma en el último trienio de 2008-2010, con aumentos de las patentes anuales en torno de 58, 27 y 21 más presentaciones por año respectivamente. Durante todo el período el aumento proporcional llega al 73% del total de patentes de titulares iberoamericanos, ubicándose en un valor total de 342 patentes anuales para 2010, 249 más que en 2000.

Si bien es necesario destacar el bajo peso relativo de Iberoamérica sobre el total de la muestra y también el escaso tamaño de la misma, se destaca un crecimiento positivo durante la década analizada tanto en el total patentado como en la relación proporcional con el resto del mundo como muestra el **Gráfico 39**. El aumento del patentamiento en los países iberoamericanos se mantuvo por encima de la media mundial en seis de los diez años analizados, siendo la excepción el período que va de 2004-2007; destacándose el aumento del patentamiento en los últimos tres años de la serie donde a nivel mundial el mismo sufría de un estancamiento y retracción. Así, en 2010 la región alcanza el mayor peso relativo de la serie al contar con un 0,66% del patentamiento mundial en TIC.

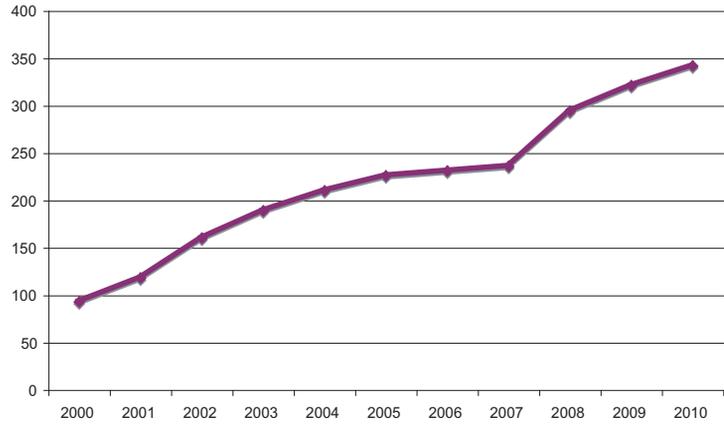
80

Por otro lado, si tomamos aquellos países que ostentan mayor frecuencia de patentamiento de acuerdo a la nacionalidad de sus titulares, podremos observar los distintos comportamientos a lo largo del período como muestra el **Gráfico 40**.

En lo que hace al desarrollo tecnológico patentado en TIC, con 13.067 registros Estados Unidos ocupa el lugar preponderante con un nivel cuatro veces mayor para 2000 que su inmediato seguidor, Alemania, y 4,5 veces que el tercero en disputa, Japón. Si bien no puede establecerse una tendencia sostenida de los EE.UU. durante este período debido a los altos y bajos en los registros de patentes ni una relación directa con el total del patentes de los demás países que componen la muestra, pueden destacarse los dos puntos más altos durante esta década, en 2002-2003 con un nivel cercano a las 25.000 patentes/año y 2008, con 27.081 patentes.

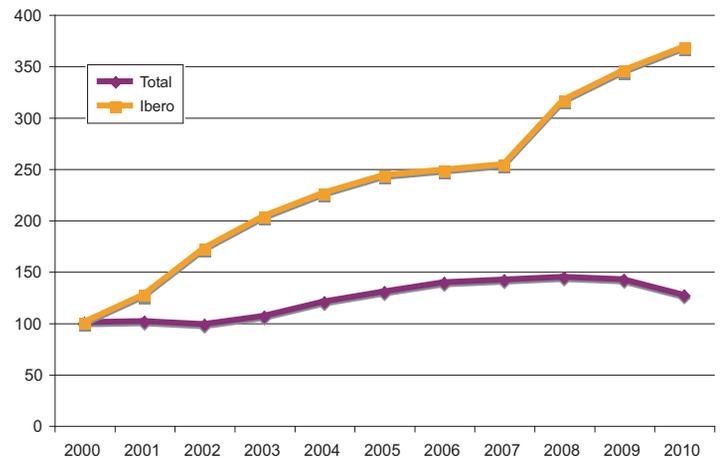
El segundo lugar lo ocupa Alemania en el comienzo de la serie con 3.291 patentes registradas en 2000, ostentando 3.754 para 2010, con un pico significativo en 2005, con 5.895 patentes. Para 2010, ya ha cedido el segundo lugar en patentes TIC a Japón quien ostenta un total de 11.589 patentes anuales, 8.675 más que las registradas en 2000, es decir, el triple que diez años antes. Los otros

**Gráfico 38. Total de patentes de titulares iberoamericanos publicadas en TIC**



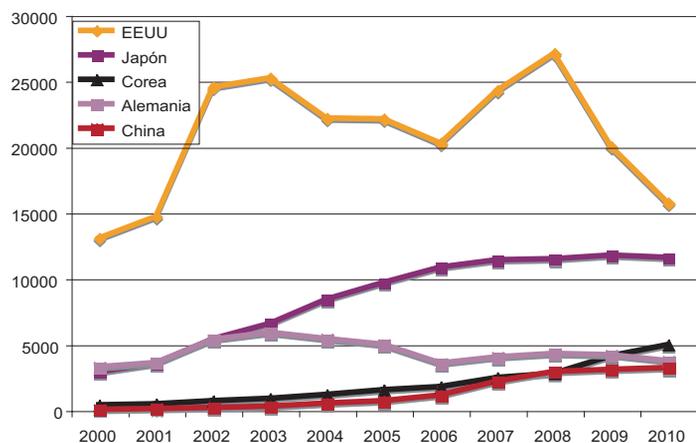
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

**Gráfico 39. Patentes mundiales en TIC y total de titularidad iberoamericana**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

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



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

dos casos que vale la pena destacar son los de Corea y China quienes han logrado importantes avances en el número de patentes durante el tiempo analizado. Corea, que en 2000 registraba apenas 402 patentes, para 2010 ha alcanzado el total de 4.982 patentes, un total 11 veces mayor que el punto de inicio desplazando a Alemania, segundo de la serie al inicio, hasta el cuarto lugar. China, quien comienza con un valor más modesto: 59 patentes en 2000, ha multiplicado por 54 su número de patentes, alcanzando un total de 3.172 para el año 2010.

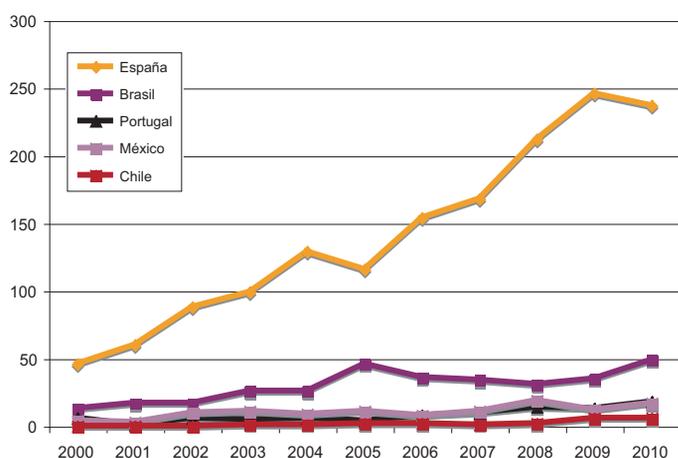
Durante el período 2000-2010 se observa a nivel general un retroceso importante de Estados Unidos en términos relativos, mostrando una pérdida de preponderancia incluso en aquellos años donde muestra la mayor cantidad de patentamientos. En 2003 -primer pico de la serie

para EE.UU.- Japón logra reducir la brecha con este país, al sumar el 26% del número de patentes del país del norte. Si tomamos 2008 -segundo pico- veremos como Japón ya logra contar un número de patentes que representa el 42% del total norteamericano. Ya para el último año de la serie veremos como Estados Unidos apenas cuenta con un número de patentes un 36% mayor que Japón.

En toda la década observamos un crecimiento de los países asiáticos en detrimento de Estados Unidos y Alemania, los dos primeros del *ranking* en 2000 al comenzar la serie.

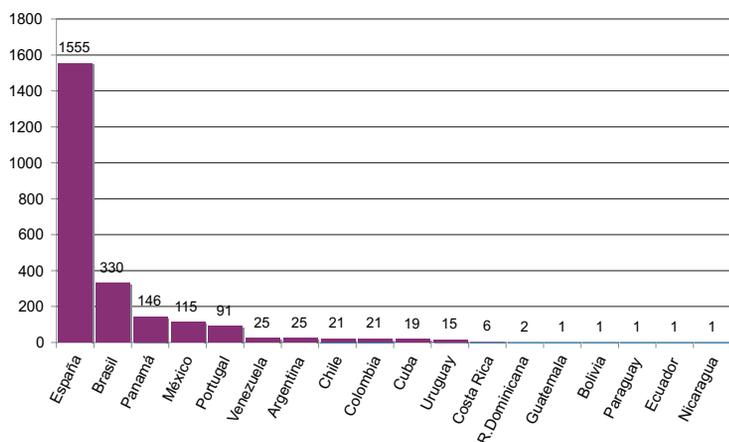
Si observamos el caso de Iberoamérica y centramos nuestro foco sobre las patentes de los principales países de la región como muestra el **Gráfico 41**, veremos un comportamiento que tiende de manera generalizada al alza en los cinco países con más patentes en TIC en 2010. Los dos casos significativos, España y Brasil, sin embargo demuestran un comportamiento disonante. España, por su parte mantiene un crecimiento sostenido durante todos los años de la serie, exceptuando 2005 y 2010, donde se registran caídas del 10% y el 6%. Durante este período España se consolida claramente como el primer patentador de la región, incluso aumentando su preponderancia; si en 2000 mantenía una relación de 3,5 patentes españolas por cada brasileña, y 7,7 por cada portuguesa; para 2010 esa diferencia se ampliaría a casi 5 patentes españolas por cada una presentada en Brasil y 13 por cada una presentada en Portugal. La diferencia entre España y su inmediato seguidor, Brasil, sólo vio reducirse en un año de la serie, cuando en 2005 llegaron a una relación de 2,5 patentes españolas por cada una del país sudamericano. Por lo demás es alentador el desempeño español en el período dado que multiplicó por cuatro la cantidad de patentes presentadas para el sector. Por lo demás, el caso de México merece ser mencionado ya que alcanza entre 2008 y 2010 a sostener niveles similares a los registrados por Brasil en el primer trienio de la serie.

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



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

**Gráfico 42. Patentes de los países iberoamericanos según su titular**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

El **Gráfico 42** presenta el total de patentes registradas por titulares de países iberoamericanos, lo cual nos ayuda a tener una dimensión del estado general de la distribución de patentes en la región. Nuevamente, vemos como España lidera cómodamente el *ranking* con 1.555 registros, seguido por Brasil quien ostenta 330 patentes, el 21% de las registradas por titulares españoles.

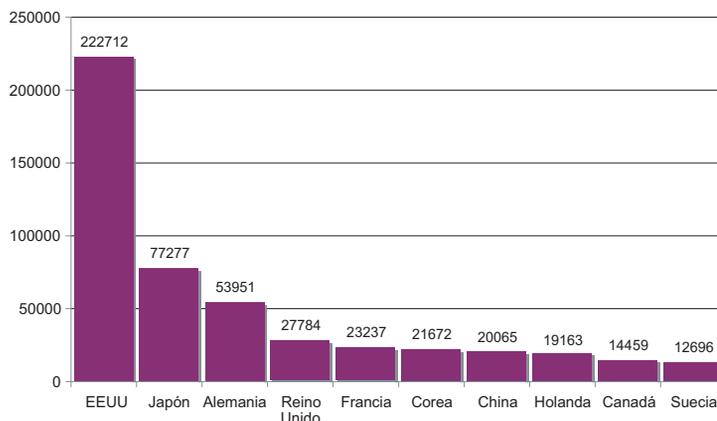
Panamá, presenta un caso muy particular. El total de sus 146 patentes están a nombre de una filial en ese país de la empresa Schlumberger, de origen estadounidense y dedicada a servicios relacionados con la industria petrolera. Sin embargo, la trayectoria de las patentes publicadas resulta errática. Entre 2001 y 2005 obtuvieron un promedio de 24 patentes publicadas por año, aunque luego ese ritmo decae drásticamente, llegando a obtener sólo una en 2009 y ninguna en 2010. Evidentemente, se trata de un cambio de estrategia o de contexto empresarial y no de una variación en el desarrollo tecnológico en TIC.

México y Portugal cierran los cinco primeros con 115 y 91 patentes respectivamente, le siguen Venezuela y Argentina con 25 compartiendo el sexto lugar; Chile y Colombia con 21 en el octavo, Cuba con 19 en el décimo, Uruguay con 15 en el undécimo. Los demás países incluidos en la muestra apenas llegan a representar menos del 0,01% de las patentes de la región.

En el **Gráfico 43** podemos ver las patentes en TIC, pero esta vez registradas por el país de origen del inventor. El listado de los diez primeros países está liderado por Estados Unidos, con 222.712 patentes para inventores de esta nacionalidad, seguido por Japón con 77.277, Alemania con 53.951, Reino Unido con 27.784, Francia con 23.237, Corea con 21.672, China con 20.065, Holanda con 19.163, Canadá con 14.459 y Suecia con 12.696. Se destaca la presencia entre estas diez naciones tres países asiáticos, lo que refleja el dinamismo del sector en las economías de esa región. En términos relativos, vale la pena destacar que Estados Unidos representa el 45% del total y que Japón, su inmediato seguidor, apenas cuenta con la tercera parte.

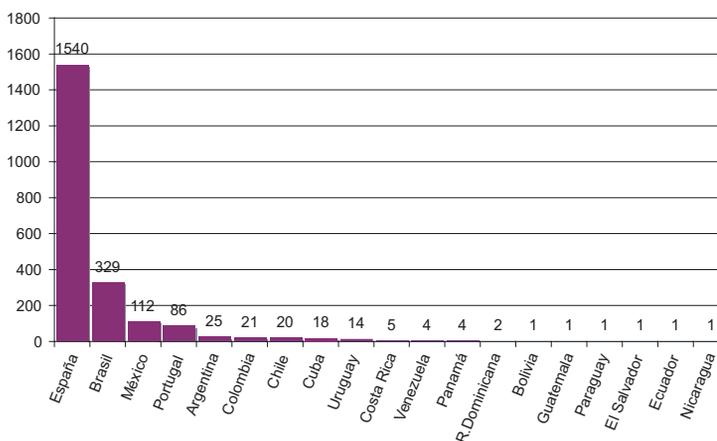
El mismo análisis pero para países Iberoamericano está registrado en el **Gráfico 44**. El listado está claramente liderado por España con 1.540 patentes, seguido por Brasil, con 329, México con 112, Portugal con 86 y Argentina con 25. El rol de los inventores españoles es preponderante ya que participan del 70% de todas las patentes cuando su inmediato seguidor en la región, Brasil, apenas logra participar en el 15%. Asimismo, es posible observar una cierta concentración de las patentes en la región, más que nada si observamos que España, Brasil, México y Portugal, registran el 95% de todas las patentes de inventores iberoamericanos en TIC.

**Gráfico 43. Patentes en TIC según país del inventor**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

**Gráfico 44. Patentes en TIC según país iberoamericano del inventor**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

## 4.2. Principales titulares de patentes en TIC

Los principales titulares de patentes acumuladas entre 2000 y 2010 a nivel internacional en el campo de las TIC pertenecen al sector privado, destacándose grandes empresas multinacionales que invierten importantes sumas en I+D (**Gráfico 45**).

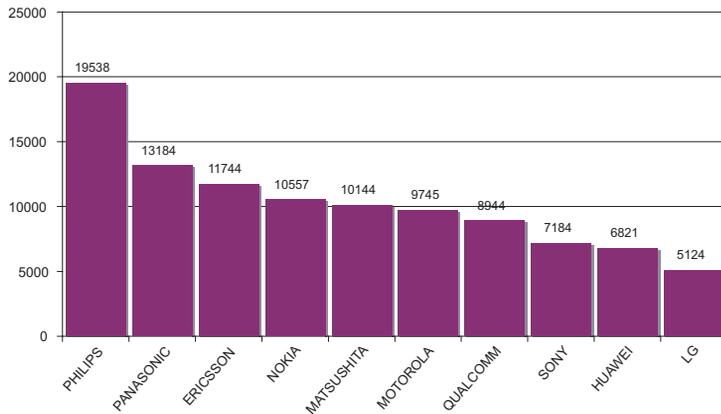
El máximo titular de patentes es la empresa de electrónica Philips, con un total de 19.538 patentes. En el segundo lugar aparece la japonesa Panasonic, especializada en teléfonos móviles, aires acondicionados, televisores, equipos de música y semiconductores, con 13.184 títulos de su propiedad. El tercer lugar, con 11.744 patentes, lo ocupa la empresa de telecomunicaciones especializada en redes móviles y redes fijas de banda ancha, y tecnología multimedia Ericsson, de origen sueco. En cuarto lugar se encuentra la finlandesa Nokia, especializada también en teléfonos móviles, con 10.557 títulos. En quinto lugar está la japonesa productora de electrónica de consumo Matsushita, con 10.144 patentes registradas.

Posteriormente, con niveles de patentamiento acumulado entre 2000 y 2010 entre 9.745 y 5.124 títulos, aparecen la empresa estadounidense especializada en la electrónica y las telecomunicaciones Motorola; la fabricante estadounidense de chips Qualcomm; la empresa de origen japonés líder en electrónica de consumo, el audio y video profesional, los videojuegos y las TIC Sony; la fabricante china de equipamiento de redes y telecomunicaciones Huawei y la coreana especializada en productos electrónicos, teléfonos móviles y productos petroquímicos LG.

Un enfoque similar, sobre los países iberoamericanos, pone en claro patrones muy distintos y característicos de la región. En primer lugar, nueve de los diez principales titulares son españoles, mientras que el restante es de origen panameño. Al mismo tiempo, dentro de los titulares españoles, la diferencia de la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) con el resto es abismal (**Gráfico 46**).

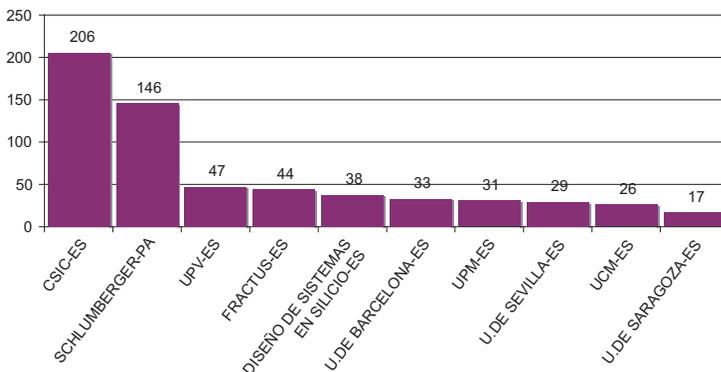
El CSIC cuenta con 206 patentes publicadas mediante el convenio PCT entre 2000 y 2010, mientras que el resto de las instituciones españolas tienen menos de la cuarta parte de títulos acumulados en el mismo período. Se trata fundamentalmente de universidades, entre las que se destaca la Universidad del

Gráfico 45. Principales titulares de patentes en TIC



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

Gráfico 46. Principales titulares iberoamericanos de patentes en TIC



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

País Vasco, con 47 registros. En el cuarto y el quinto lugar a nivel regional se encuentran la empresa catalana Fractus y la valenciana Diseño de Sistemas en Silicio, con 44 y 38 registros de propiedad industrial respectivamente. Completan el listado la Universidad de Barcelona, la Universidad Politécnica de Madrid, la Universidad de Sevilla, la Universidad Complutense de Madrid y la Universidad de Saragoza.

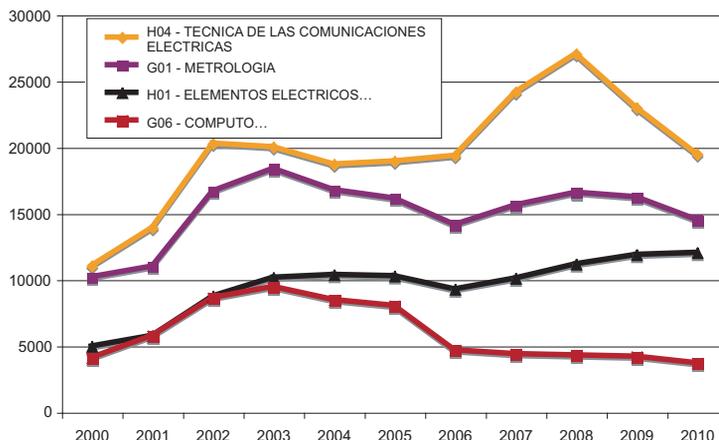
Como se mencionó anteriormente, la empresa Schlumberger, especializada en servicios petroleros y de *software* y gestión de la información, con su casa matriz en Estados Unidos y trabajadores en aproximadamente ochenta países, es la titular de las 146 patentes registradas en Panamá dentro del convenio PCT entre 2000 y 2010.

### 4.3. Los campos de aplicación de las TIC

En este estudio se utilizan los códigos internacionales de clasificación de patentes (IPC) con el propósito de dar cuenta de los campos de aplicación tecnológica de las patentes recopiladas. Esta clasificación es de carácter jerárquico y tiene una desagregación de hasta seis dígitos, lo cual permite una categorización y descripción más profunda de acuerdo a las necesidades de especificación.

En el **Gráfico 47** se presenta la evolución de los 4 principales códigos IPC a tres dígitos del total mundial de patentes en materia de TIC para el período 2000-2010. Considerando el volumen acumulado durante esos años, en orden decreciente los principales campos de aplicación de las patentes de invención en TIC son: *Técnica de las comunicaciones eléctricas* (H04, con 215.936 registros que cubren los sistemas de comunicación eléctrica mediante vías de propagación que utilizan haces de radiación corpuscular, ondas acústicas u ondas electromagnéticas); *Metrología* (G01, con 166.257 títulos referidos a instrumentos de medida, otros dispositivos de indicación o registro de construcción análoga y dispositivos de señalización o control relacionados con la medida); *Elementos eléctricos básicos* (H01, con 104.776 registros) y *Cómputo* (G06, con 65.709 títulos dedicados a los simuladores que ponen en ejecución los métodos de cálculo de condiciones existentes o anticipadas en el interior del dispositivo o del sistema real; los simuladores que presentan, por medios que comprenden el cálculo, el funcionamiento de un aparato o sistema; y el tratamiento o la generación de datos de imagen).

**Gráfico 47. Principales códigos IPC (3 dígitos) en el total de patentes TIC**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

Tres de los campos de aplicación en materia de desarrollo tecnológico en TIC presentan, en los años analizados y hacia final del ciclo, una tendencia de crecimiento que va de un 42% en el caso de *Metrología* y un ascenso un poco mayor del orden del 76% para *Técnica de las comunicaciones eléctricas*, a un importante ascenso del 142% en el caso de *Elementos eléctricos*.

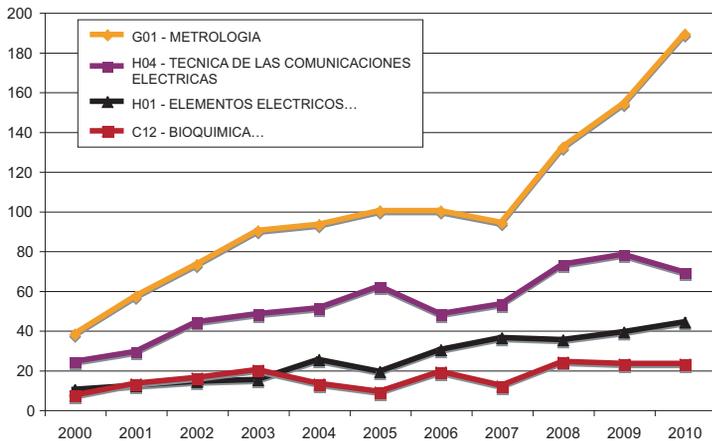
Sin embargo, en el caso de *Cómputo* hacia el año 2010 puede observarse un decrecimiento del orden del 10% con relación al año 2000. Todos los campos de aplicación en materia de desarrollo tecnológico en TIC mencionados registran, durante los primeros tres años del ciclo, una tendencia de crecimiento aunque, a partir del año 2003, comienza una etapa de descenso, particularmente en los campos de *Metrología* y *Cómputo*. Cabe destacar el caso del campo *Técnica de las comunicaciones eléctricas*, que hacia el año 2008 registra un pico de crecimiento (145%) para después, hacia 2010, decaer a valores de 2006 (aunque con un 76% de crecimiento respecto de 2000).

En el **Gráfico 48** se presentan los cuatro campos de aplicación más importantes en Iberoamérica en materia de desarrollo tecnológico en TIC para el período bajo análisis. Tal como puede observarse, tres de ellos coinciden con los emergentes a nivel mundial aunque en diferente orden. En primer lugar figura *Metrología* (G01, con 1.120 registros), seguida por *Técnica de las comunicaciones eléctricas* (H04, con cerca de la mitad de títulos que el primero: 579) que a nivel mundial ocupaban el segundo y el primer lugar respectivamente. Ocupando el tercer lugar se encuentra *Elementos eléctricos* (H01, con 279 registros) al igual que en el total mundial. Finalmente, en cuarto lugar aparecen las aplicaciones relacionadas con *Bioquímica* (C12, con 179 registros).

Todos los principales campos de aplicación en TIC de la región iberoamericana presentan una tendencia clara de crecimiento a lo

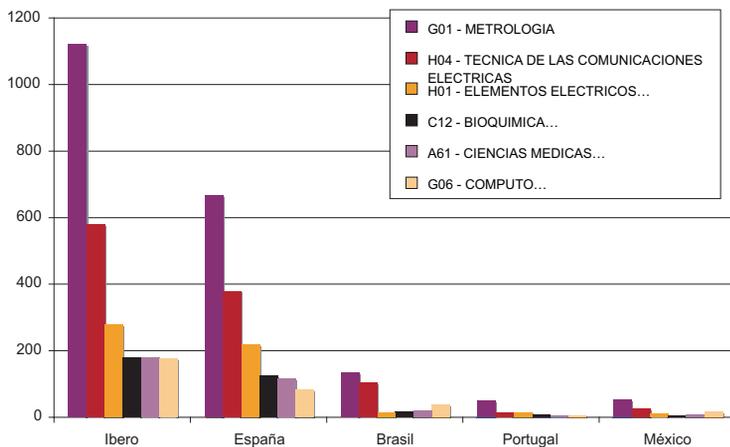
largo del período, aunque registrando una leve caída hacia los años 2006 y 2007. Los campos *Metrología* y *Elementos eléctricos* muestran un fuerte crecimiento entre puntas, del orden del 397% y el 340% respectivamente. Cabe destacar que *Metrología* presenta a partir de la caída del 2007 una recuperación importante hacia finales del ciclo, mucho mayor que en los otros tres campos de aplicación. En el caso de *Bioquímica* el crecimiento es menor que en los dos principales campos de la región, alcanzando un aumento del 229% que supera al campo *Técnica de las comunicaciones eléctricas* que, si bien ocupa el tercer lugar en cuanto a la cantidad de registros totales, presenta el menor nivel de crecimiento de la región durante el período completo analizado (188%).

**Gráfico 48. Principales códigos IPC (3 dígitos) en el total de patentes TIC iberoamericanas**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

**Gráfico 49. Especialización tecnológica en TIC a partir de códigos IPC**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

El **Gráfico 49** muestra 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 TIC durante 2000-2010. Como puede observarse, en este nivel de desagregación se presenta una especialización tecnológica bastante homogénea en cuanto a los campos de clasificación implicados, si bien son seis los campos implicados en total y en algunos de ellos Brasil, Portugal y México presentan pocos registros (se excluye de este análisis a Chile dado que no posee las suficientes patentes). Cabe señalar, sin embargo, los matices que presentan los diferentes campos de aplicación de acuerdo al país iberoamericano considerado.

El campo de aplicación *Metrología* (G01), primero a nivel regional, concentra casi la mitad de las patentes en TIC en Iberoamérica como región (45%), en España (42%), en Brasil (40%), en Portugal (50%) y en México (44%).

El campo *Tecnología de las comunicaciones eléctricas* (H04), segundo en la región, representa casi a un cuarto de las patentes en TIC, tal como puede observarse en Iberoamérica, España y México. En el caso de Brasil este campo de aplicación representa a casi una tercera parte de las patentes del país; mientras que en el extremo opuesto se encuentra Portugal, país para el que representa sólo un 14% del total de las patentes nacionales en TIC.

El campo de aplicación *Elementos eléctricos*, tercero a nivel regional concentra apenas una décima parte de las patentes iberoamericanas. En el caso de España y

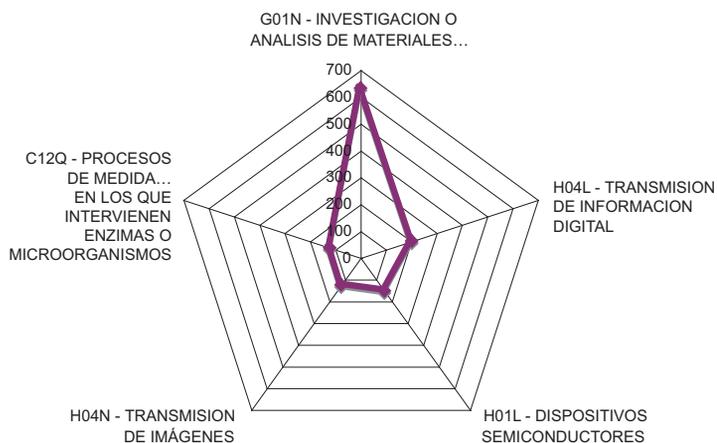
Portugal este valor asciende levemente a un 14% y un 16% respectivamente en contraposición con México y Brasil, en cuyos casos las patentes en este campo representan sólo un 8% y un 5% respectivamente del total de sus desarrollos tecnológicos en TIC.

Para los campos *Bioquímica* (cuarto en la región como conjunto), *Ciencias Médicas y Cómputo*, la concentración de patentes se da de manera homogénea tanto a nivel iberoamericano como a nivel de los principales países. Cabe destacar que en el caso de *Cómputo*, los valores de México y Brasil se elevan levemente alcanzando el 13% y el 11% respectivamente del total de los desarrollos tecnológicos correspondientes a TIC en esos países.

Para concluir este apartado, se ha analizado la producción tecnológica en materia de TIC de la región iberoamericana y de los principales países utilizando la clasificación IPC a cuatro dígitos para obtener mayor detalle en los perfiles de especialización. Esa información se presenta en los Gráficos 50 a 55.

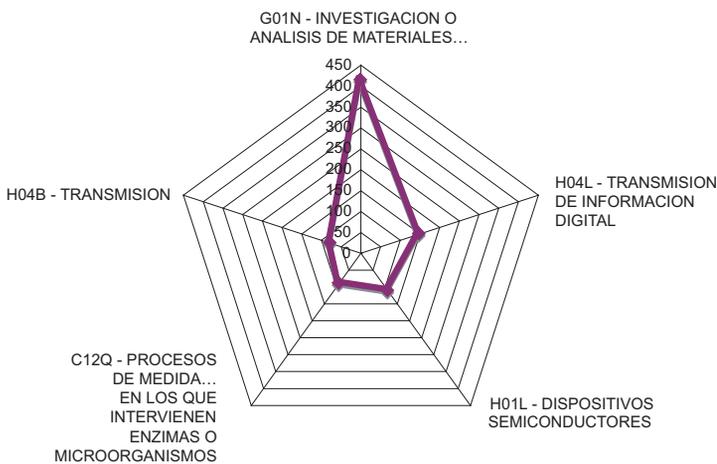
Los principales campos de aplicación a cuatro dígitos de los desarrollos tecnológicos en materia de TIC iberoamericanos correspondientes al período 2000-2010 se pueden observar en el **Gráfico 50**. Se destacan muy especialmente cinco campos de aplicación: Investigación o análisis de materiales por determinación de sus propiedades químicas o físicas (G01N, que reúne 632 registros y representa el 51% de las patentes iberoamericanas); Transmisión de información digital (H04I, código referido a la transmisión de señales que se presentan bajo forma digital y que comprende la transmisión de datos, la comunicación telegráfica o los métodos o disposiciones para el control; y que suma un total de 202 registros que representan el 16% de los desarrollos tecnológicos regionales en TIC); Dispositivos semiconductores y eléctricos de estado sólido no previstos en otro lugar (H01I, con 151 registros equivalentes al 12%); Transmisión de imágenes y Procesos de medida en los que intervienen enzimas o microorganismos, composiciones o papeles reactivos para este fin, procesos para preparar estas composiciones, y procesos de control sensibles a las condiciones del medio en los procesos microbiológicos o enzimológicos (H04N y C12Q, que equivalen a 125 y 121 registros, un 10% de las patentes respectivamente).

**Gráfico 50. Especialización tecnológica iberoamericana (IPC 4 dígitos)**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

**Gráfico 51. Especialización tecnológica española (IPC 4 dígitos)**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

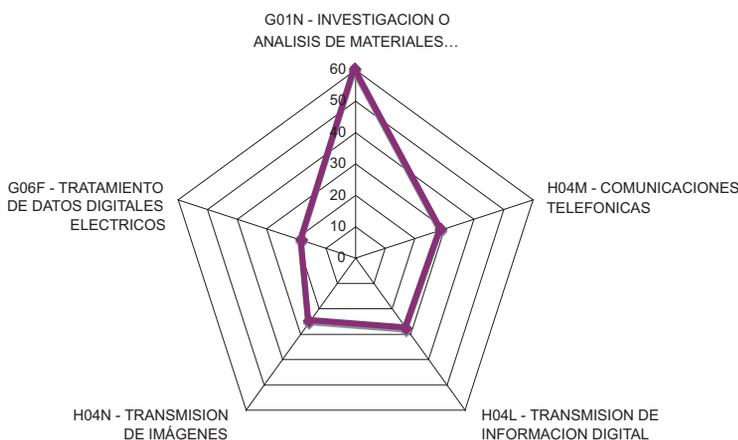
En el período 2000-2010, España presenta una especialización temática muy similar a la de Iberoamérica en la clasificación de IPCs a 4 dígitos (**Gráfico 51**), tanto a nivel de los campos de aplicación presentes en sus patentes en TIC como a sus posiciones relativas centrales. En primer lugar, presenta el campo *Investigación o análisis de materiales* (G01N, que representa el 44% de sus patentes), seguido por *Transmisión de información digital* (H04L, equivalente al 18% de sus desarrollos tecnológicos) y en tercer lugar Dispositivos semiconductores (que representa al 13% de sus patentes). En cuarto lugar, se encuentra el área temática Procesos de medida en los que intervienen enzimas o microorganismos (C12Q, con 89 registros equivalentes al 11% de las patentes del país) que en el caso iberoamericano es la quinta temática y en último lugar España cuenta con patentes aplicadas a *Transmisión de señales portadoras de información*, siendo la transmisión independiente de la naturaleza de la información, y comprende los dispositivos de vigilancia, de prueba, y la supresión y limitación de ruido y de interferencias (H04B, con 77 registros que equivalen al 9% de los desarrollos tecnológicos de ese país) y que no figura como tal en el caso iberoamericano.

Brasil y Portugal, por su parte, presentan una composición similar de campos de aplicación a cuatro dígitos de patentes, exceptuando dos campos de sus cinco temáticas tecnológicas principales en los que se diferencian entre sí y con respecto a Iberoamérica (**Gráficos 52 y 53**). Ambos países presentan en primer lugar, al igual que Iberoamérica, el campo de aplicación *Investigación o análisis de materiales* (G01N), que representa al 38% de las patentes de Brasil y al 56% de las de Portugal. En segundo lugar, Brasil presenta el campo *Comunicaciones telefónicas* (H04M) y Portugal, en cambio, el campo *Dispositivos semiconductores* (H01L) que representan el 18% y 19% de las

patentes de cada país respectivamente. En tercer lugar, Brasil presenta el área temática *Transmisión de información digital* (H04L) que representan el 18% de sus patentes, mientras que Portugal presenta el campo *Dispositivos* cuyo funcionamiento óptico se modifica por el cambio de las propiedades del medio (G02F) equivalente al 10% de sus patentes. En cuarto lugar, ambos países lusófonos presentan el área temática *Transmisión de imágenes* (H04N) que representa para Brasil el 16% del total de sus patentes y para Portugal el 10%. Finalmente, en quinto lugar Brasil concentra el 11% de sus patentes en el área temática *Tratamiento de datos digitales eléctricos* (G06F) mientras que Portugal reúne el apenas 6% restante de sus patentes en el campo de las TIC en aplicaciones referidas a *Comunicaciones telefónicas* (H04M).

Al igual que España, Brasil, Portugal e Iberoamérica, tanto México como Chile tienen en primer lugar el campo de aplicación *Investigación o análisis de materiales* (G01N), concentrando alrededor del 40% de sus patentes respectivamente. Sin embargo, las especializaciones temáticas a 4 dígitos de acuerdo al código IPC para estos dos países latinoamericanos son completamente heterogéneas tanto en cuanto a su composición como a su orden (**Gráficos 54 y 55**).

**Gráfico 52. Especialización tecnológica brasileña (IPC 4 dígitos)**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

México concentra el 21% de sus patentes en el área *Transmisión de imágenes* (H04N), el 16% en Medida del volumen, flujo o nivel de líquidos (G01F) y cerca del 10% en Péptidos (C07K) y *Dispositivos semiconductores* (H01L). Chile, en cambio, concentra el 19% de sus patentes en el campo de aplicación Preparaciones de uso médico (A61K) y el 13% en las áreas de *Medida de radiaciones nucleares* (G01T), *Sistemas de control o de regulación* (G05B) y *Tratamiento de datos digitales eléctricos* (G06F).

Una perspectiva complementaria a la descripción de los ámbitos de clasificación presentes en las patentes del campo de las TIC, 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 TIC, 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 2000-2010, pueden observarse en los **Gráficos 56 y 57** respectivamente.

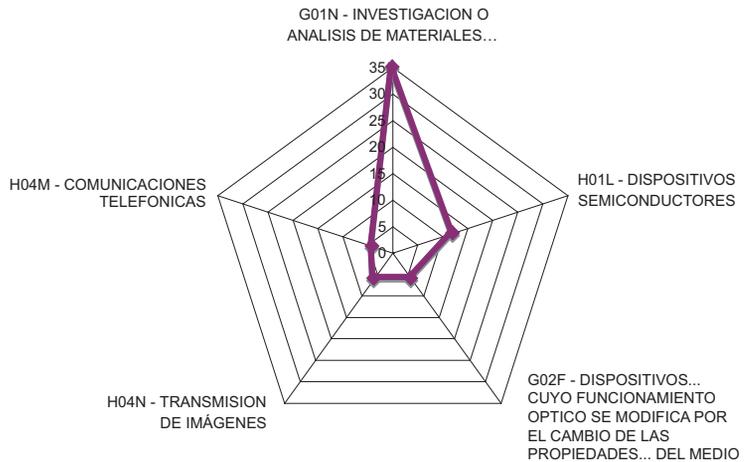
El volumen de los nodos representa la cantidad de patentes asignadas a cada código IPC y la intensidad de los lazos entre ellos da cuenta de las veces en que esos códigos coocurren en las patentes recuperadas. Los conglomerados están señalados por una línea que engloba a una serie de códigos en áreas 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 TIC (**Gráfico 55**) son cinco. El que presenta mayor centralidad, a partir de sus relaciones con el resto, está centrado en diversas temáticas relacionadas con el cómputo y tiene una mayoritaria presencia de patentes clasificadas bajo la categoría G06 “computo; calculo; conteo”. En particular, tiene un papel central en el conglomerado el código G06K “reconocimiento de datos; presentacion de datos; soportes de registros; manipulacion de soportes de registros”.

Justamente es de este último código de donde se desprende un segundo conglomerado, que se concentra en las tecnología de impresión. El código de clasificación dominante en este conjunto es el B41J “maquinas de escribir; mecanismos de impresion selectiva, es decir, mecanismos que imprimen de otra manera que no sea por utilizacion de formas de impresion; correccion de errores tipograficos”, cuya principal relación se da con el código C09D “composiciones de revestimiento, p. ej. pinturas, barnices, lacas; emplastes; productos quimicos para levantar la pintura o la tinta; tintas”.

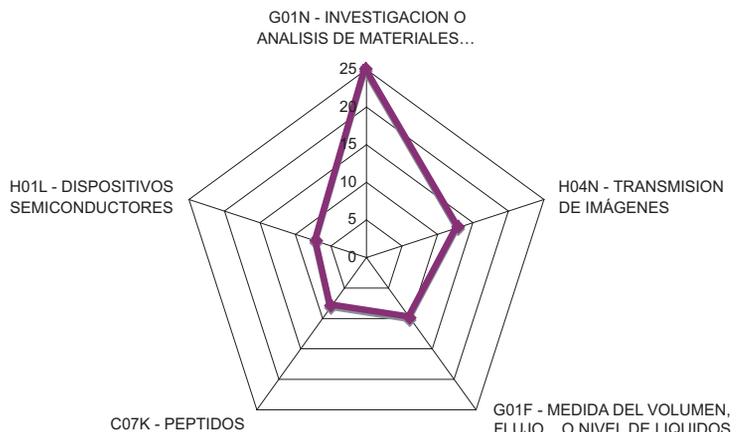
Retomando el conglomerado número uno, relacionado con técnicas de cómputo, el código G06T “tratamiento o generacion de datos de imagen, en general” hace de puente

**Gráfico 53. Especialización tecnológica portuguesa (IPC 4 dígitos)**



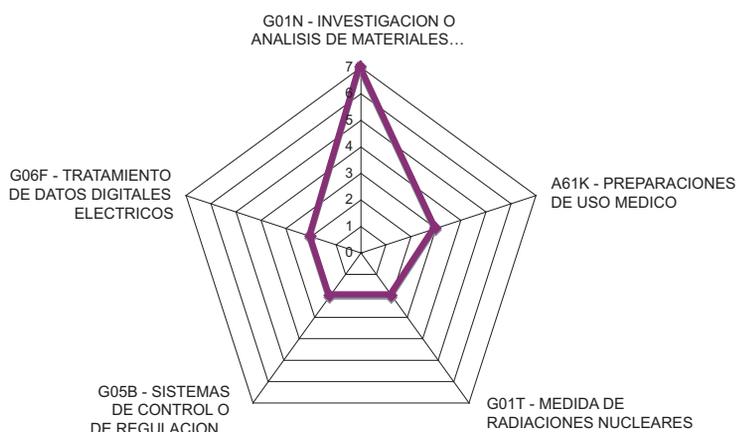
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

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



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

**Gráfico 55. Especialización tecnológica chilena (IPC 4 dígitos)**



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.

a otro grupo, en el que predominan los desarrollos relacionados con los equipos de audio. En ese conglomerado, el código de mayor centralidad es el G10L “análisis o síntesis de la voz; reconocimiento de la voz; análisis o tratamiento de señales de audio”, aunque lo comparte con códigos de las ramas H03 “circuitos electrónicos básicos” y H04 “técnica de las comunicaciones eléctricas”.

El cuarto conglomerado agrupa tecnologías relacionadas con las comunicaciones inalámbricas. El lugar central lo ocupa el código H04W “redes de comunicación inalámbricas” y está conectado al conglomerado central a través del código G01S “localización de la dirección por radio; radionavegación; determinación de la distancia o de la velocidad mediante el uso de ondas de radio”. Tiene también un peso importante el código H04J “comunicaciones multiplex”.

Este conjunto está relacionado con el conglomerado número 5, que incluye diversos desarrollos en torno a la medición, a través del código G01C “medida de distancias, niveles o rumbos”. Es precisamente la rama G01 “metrología; ensayos” la que caracteriza a la mayor parte de este quinto conglomerado, dentro del cual los códigos G01B “medida de la longitud, espesor o dimensiones lineales analógicas; medida de ángulos; medida de áreas; medida de irregularidades de superficies o contornos” y G01R “medida de variables eléctricas; medida de variables magnéticas” tienen un papel preponderante.

A nivel iberoamericano, la aplicación de estas técnicas arrojó siete conjuntos. Sin embargo, por tratarse de un conjunto de patentes mucho menor, las relaciones tienen el mismo nivel de consolidación que se obtuvo analizando el total mundial de patentes en TIC. En total, cinco de esos conglomerados representan temas mejor caracterizados y otros dos funcionan como puentes.

El primero de estos conjuntos está centrado en el análisis de

materiales, agrupando clasificaciones debajo de la rama G01 “metrología; ensayos”. El código que funciona como articulador dentro del conglomerado es el G01N “investigación o análisis de materiales por determinación de sus propiedades químicas o físicas”.

El segundo conglomerado incluye a los desarrollos relacionados, principalmente, con la óptica. El código principal en este grupo es el G02B “elementos, sistemas o aparatos ópticos”, conectado directamente a G01N en el primer conjunto. En este conglomerado tiene también un peso importante el código H01L “dispositivos semiconductores; dispositivos eléctricos de estado sólido”.

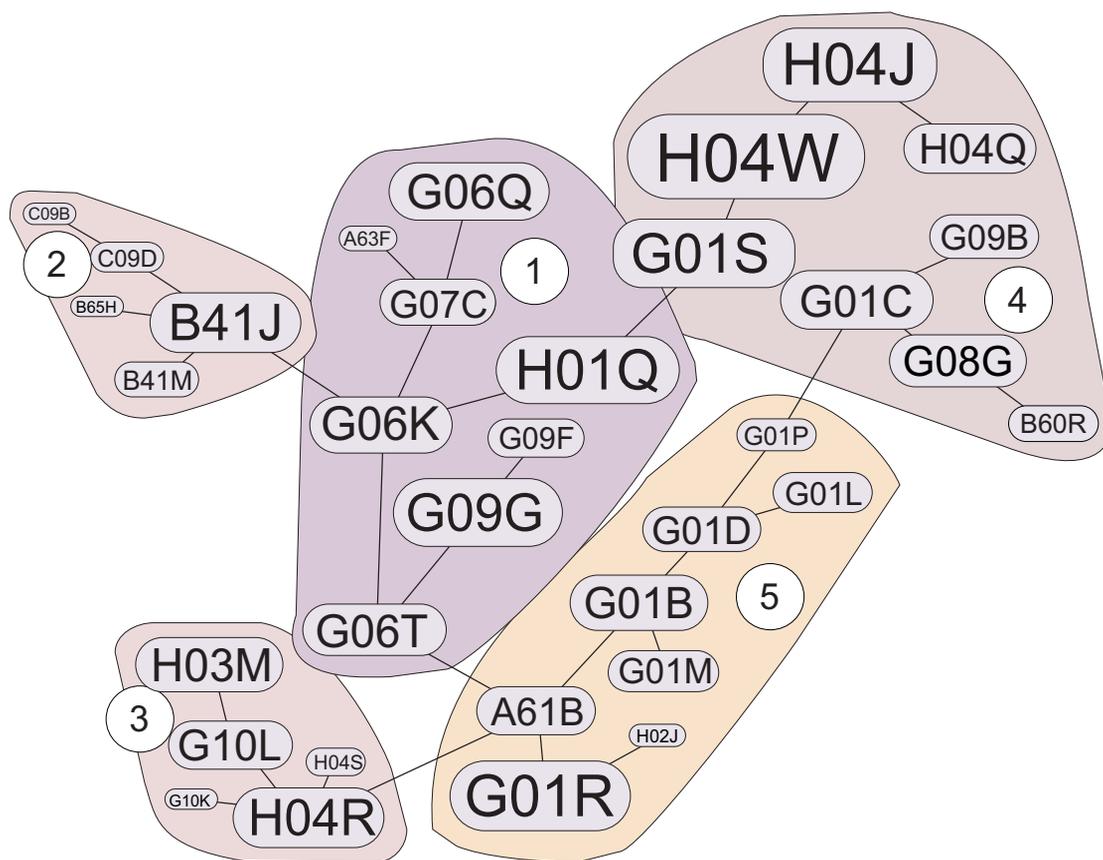
El conglomerado número 3 agrupa a las tecnologías relacionadas con los dispositivos de control. Los principales códigos aquí incluidos son el G07F “aparatos accionados por monedas o aparatos similares” y el G07C “aparatos de control de horarios o de asistencia; registro o indicación del funcionamiento de las máquinas; producción de números al azar; aparatos para votar o aparatos de lotería”.

El código G06Q “métodos o sistemas de procesamiento de datos especialmente adaptados para fines administrativos, comerciales, financieros, de gestión, de supervisión o de pronóstico” también tiene un volumen importante y sirve de puente con el cuarto conglomerado, centrado en tecnologías de comunicación.

Dentro de este cuarto grupo predominan los códigos pertenecientes a la rama H04 “técnica de las comunicaciones eléctricas”. Se destacan por su volumen los códigos H04L “transmisión de información digital” y H04M “comunicaciones telefónicas”. Es de destacar que dentro de este conglomerado se ubica el código A61B “diagnóstico; cirugía; identificación”, el nodo con mayor cantidad de relaciones en este mapa, vinculado directamente con los conjuntos relacionados con el análisis de materiales, la óptica y la medición.

Es justamente sobre tecnologías de medición que se centra el quinto de los conglomerados identificados a partir de las patentes iberoamericanas. En este grupo el papel principal lo tiene el código G01R “medida de variables eléctricas; medida de variables magnéticas”. Luego, por fuera de la rama G01, aparecen con un volumen importante los códigos G05F “sistemas de regulación de variables eléctricas o magnéticas” y H03K “técnica de impulso”.

Gráfico 56. Mapa de códigos IPC (4 dígitos) en patentes iberoamericanas en TIC



CLUSTER	DESCRIPCIÓN
1	Análisis de materiales
2	Óptica
3	Dispositivos de control
4	Comunicaciones
5	Medición

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.  
 Nota: Acumulado 2000-2010

## 5. CONCLUSIONES

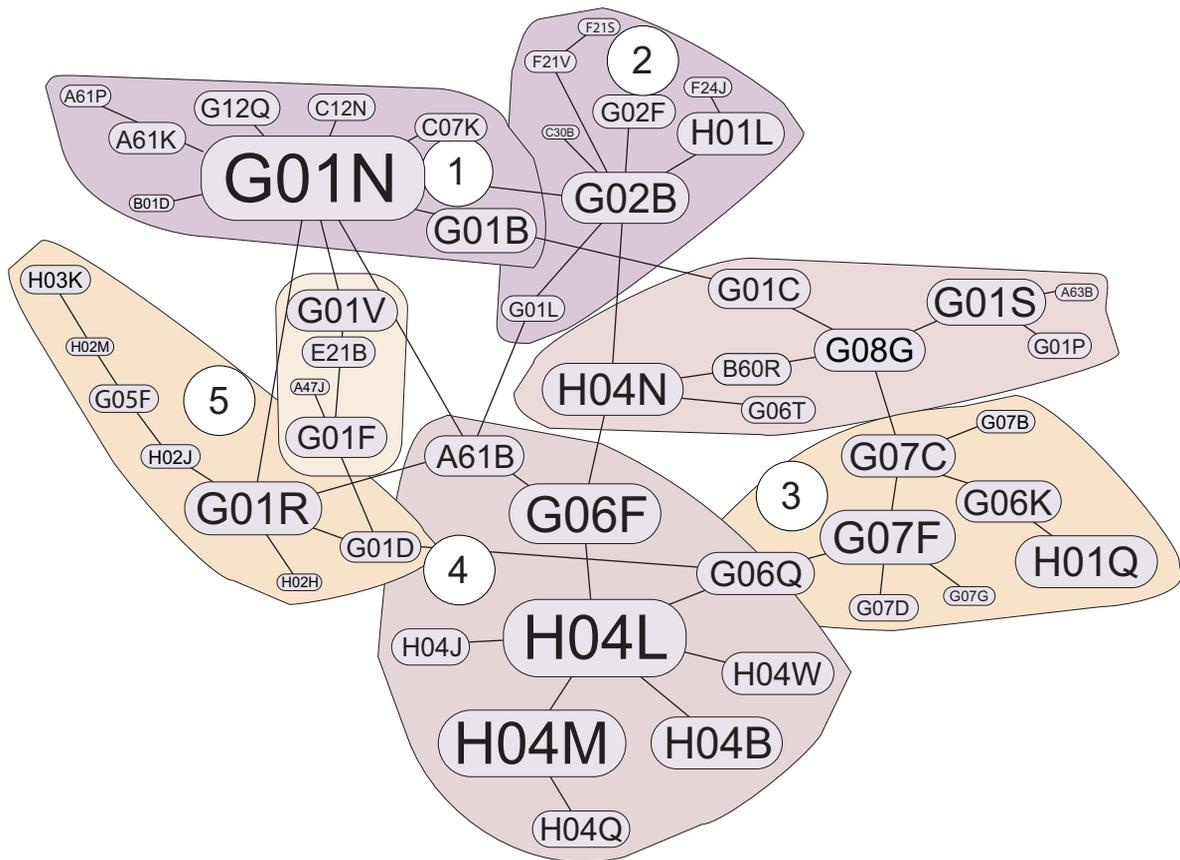
Si bien varios campos de investigación científica y desarrollo tecnológico transversales, como la nanotecnología o la biotecnología, han tenido un impacto fuerte en la industria y un potencial importante en el desarrollo económico y social, es posiblemente el terreno de las TIC el que ha revolucionado en mayor medida y de forma más directa a la sociedad.

Se trata de un conjunto de tecnologías que han abierto oportunidades nuevas en la industria y desarrollado nuevos mercados, al punto de que el desarrollo de algunos países ha estado apoyado en el control de ciertos nichos de mercado dentro de las tecnologías de la

información y las comunicaciones. Sin embargo, una de las aristas más significativas de las TIC reside en la manera en que ha permeado de manera sensible y revolucionaria en el entramado de las sociedades de todo el mundo. Hoy en día se habla del acceso a las TIC como una forma más de inclusión social.

En ese sentido, las TIC pueden ser para Iberoamérica una puerta al desarrollo, pero también un territorio en el que se profundice la brecha entre los países de la región y aquellos más avanzados. Los sistemas de ciencia y tecnología de la región están en una posición crítica para maximizar los beneficios relacionados con estas tecnologías y disminuir esa brecha. Se trata de jugar un rol importante en la producción de conocimiento pero también

Gráfico 57. Especialización tecnológica chilena (IPC 4 dígitos)



CLUSTER	DESCRIPCIÓN
1	Cómputo
2	Impresión
3	Audio
4	Comunicación inalámbrica
5	Medición

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de WIPO.  
 Nota: Acumulado 2000-2010

en la aplicación de las tecnologías disponibles a los problemas de las industrias locales y las demandas de las sociedades iberoamericanas.

Como se ha visto a lo largo de este informe, existen características de la I+D en TIC en Iberoamérica que no escapan a los patrones generales de la producción de conocimiento en la región. Si bien la producción científica regional ha crecido de manera sostenida desde el año 2000, el aporte de los países iberoamericanos en estas tecnologías asciende sólo a poco más del 3% de la producción mundial. Al mismo tiempo, existe una fuerte heterogeneidad y concentración en los niveles de desarrollo de los países en sus capacidades de investigación en TIC: España participa de la mitad de los

artículos sobre esta temática en SCI y lo sigue Brasil, con participación en más del 20%.

Manteniendo estos niveles de producción, y con la disponibilidad de recursos escasos para la I+D en relación a los países industrializados, la colaboración aparece una vez más como un camino privilegiado para maximizar las posibilidades de producción de conocimiento a nivel regional. Si bien la colaboración internacional en general ha crecido más de un 30% en diez años, es la colaboración iberoamericana la que más se ha desarrollado. Si bien en un volumen aún pequeño, cercano al 5% del total de la producción de la región, existe una clara tendencia hacia la consolidación de un espacio iberoamericano del conocimiento en la temática de las

TIC, que es posible potenciar desde las políticas. Los países de mayor desarrollo, como España y Brasil, ya articulan hoy en día redes extensas de I+D en este terreno.

Sin embargo, el desarrollo tecnológico en TIC de la región, medido a través de las patentes, tiene una participación menor al 1%. Si bien la cantidad de patentes bajo la titularidad de entidades regionales ha aumentado más que el patentamiento total en estas tecnologías, se trata de un fenómeno claramente incipiente.

A lo largo de este informe se obtienen también indicios de la debilidad del sector privado iberoamericano en el terreno de las TIC. No sólo el nivel de patentamiento es bajo, sino que los principales titulares detectados pertenecen a instituciones del sector público, principalmente universidades públicas.

La articulación del sistema de ciencia y tecnología con el entramado empresarial, para aportar a la innovación en el sector TIC es seguramente uno de los desafíos más importantes y complejos que enfrenta la región. Es difícil pensar un proyecto de desarrollo de los países iberoamericanos que no incluya un análisis de las TIC, sus desarrollos, sus vínculos entre sí y con el mundo desarrollado.

La otra cara de este desafío es la llegada de las TIC a la sociedad, algo que va más allá del desarrollo de los sistemas de ciencia y tecnología y de su integración con las empresas innovadoras de la región. En ese sentido, una mirada interdisciplinaria sobre las TIC desde la ciencia y la tecnología puede facilitar enormemente la vinculación de estas tecnologías de información y comunicaciones con los problemas de la sociedad iberoamericana.

## ANEXO I. LISTADO DE REVISTAS ANALIZADAS

Títulos	ISSN
Acm Computing Surveys	0360-0300
Acm Journal on Emerging Technologies in Computing Systems	1550-4832
Acm Sigplan Notices	0362-1340
Acm Transactions on Algorithms	1549-6325
Acm Transactions on Applied Perception	1544-3558
Acm Transactions on Architecture and Code Optimization	1544-3566
Acm Transactions on Autonomous and Adaptive Systems	1556-4665
Acm Transactions on Computational Logic	1529-3785
Acm Transactions on Computer Systems	0734-2071
Acm Transactions on Computer-Human Interaction	1073-0516
Acm Transactions on Database Systems	0362-5915
Acm Transactions on Design Automation of Electronic Systems	1084-4309
Acm Transactions on Embedded Computing Systems	1539-9087
Acm Transactions on Graphics	0730-0301
Acm Transactions on Information and System Security	1094-9224
Acm Transactions on Information Systems	1046-8188
Acm Transactions on Internet Technology	1533-5399
Acm Transactions on Mathematical Software	0098-3500
Acm Transactions on Modeling and Computer Simulation	1049-3301
Acm Transactions on Multimedia Computing Communications and Applications	1551-6857
Acm Transactions on Programming Languages and Systems	0164-0925
Acm Transactions on Sensor Networks	1550-4859
Acm Transactions on Software Engineering and Methodology	1049-331X
Acm Transactions on the Web	1559-1131
Acta Informatica	0001-5903
Ad Hoc & Sensor Wireless Networks	1551-9899
Ad Hoc Networks	1570-8705
Adaptive Behavior	1059-7123
Advanced Engineering InformaTIC	1474-0346
Advances in Computers	0065-2458
Advances in Electrical and Computer Engineering	1582-7445
Advances in Engineering Software	0965-9978
Advances in MathemaTIC of Communications	1930-5346
Aeu-International Journal of Electronics and Communications	1434-8411
Ai Communications	0921-7126
Ai Edam-Artificial Intelligence for Engineering Design Analysis and Manufacturing	0890-0604
Ai Magazine	0738-4602
Algorithmica	0178-4617
Analog Integrated Circuits and Signal Processing	0925-1030
Annales Des Telecommunications-Annals of Telecommunications	0003-4347
Annals of MathemaTIC and Artificial Intelligence	1012-2443
Annual Review of Information Science and Technology	0066-4200
Applicable Algebra in Engineering Communication and Computing	0938-1279
Applied Artificial Intelligence	0883-9514
Applied Intelligence	0924-669X
Applied Soft Computing	1568-4946
Archives of Computational Methods in Engineering	1134-3060
Artificial Intelligence	0004-3702
Artificial Intelligence in Medicine	0933-3657
Artificial Intelligence Review	0269-2821
Artificial Life	1064-5462
Aslib Proceedings	0001-253X
Automated Software Engineering	0928-8910
Automatica	0005-1098
Autonomous Agents and Multi-Agent Systems	1387-2532
Autonomous Robots	0929-5593
Behaviour & Information Technology	0144-929X
Bell Labs Technical Journal	1089-7089
Biological CyberneTIC	0340-1200
Biomedical Engineering-Applications Basis Communications	1016-2372
Bit	0006-3835
Business & Information Systems Engineering	1867-0202
Canadian Journal of Electrical and Computer Engineering-Revue Canadienne De Genie Electrique	
Et Informatique	0840-8688
Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems	0169-7439

Títulos	ISSN
Image and Vision Computing	0262-8856
Industrial Management & Data Systems	0263-5577
Infor	0315-5986
Informatica	0868-4952
Information & Management	0378-7206
Information and Computation	0890-5401
Information and Software Technology	0950-5849
Information Fusion	1566-2535
Information Processing & Management	0306-4573
Information Processing Letters	0020-0190
Information Retrieval	1386-4564
Information Sciences	0020-0255
Information Systems	0306-4379
Information Systems Frontiers	1387-3326
Information Systems Management	1058-0530
Information Technology and Control	1392-124X
Information Technology and Libraries	0730-9295
Information Visualization	1473-8716
Inforns Journal on Computing	1091-9856
Integrated Computer-Aided Engineering	1069-2509
Integration-the Vlsi Journal	0167-9260
Intelligent Automation and Soft Computing	1079-8587
Intelligent Data Analysis	1088-467X
Interacting with Computers	0953-5438
International Arab Journal of Information Technology	1683-3198
International Journal for Numerical Methods in Fluids	0271-2091
International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing	1743-8225
International Journal of Adaptive Control and Signal Processing	0890-6327
International Journal of Applied MathemaTIC and Computer Science	1641-876X
International Journal of Approximate Reasoning	0888-613X
International Journal of Communication Systems	1074-5351
International Journal of Computational Geometry & Applications	0218-1959
International Journal of Computational Intelligence Systems	1875-6883
International Journal of Computer Integrated Manufacturing	0166-5162
International Journal of Computer Integrated Manufacturing	0951-192X
International Journal of Computer Vision	0920-5691
International Journal of Computers Communications & Control	1841-9836
International Journal of Cooperative Information Systems	0218-8430
International Journal of Distributed Sensor Networks	1550-1329
International Journal of Electronic Commerce	1086-4415
International Journal of Foundations of Computer Science	0129-0541
International Journal of Fuzzy Systems	1562-2479
International Journal of General Systems	0308-1079
International Journal of Geographical Information Science	1365-8816
International Journal of High Performance Computing Applications	1094-3420
International Journal of Human-Computer Interaction	1044-7318
International Journal of Human-Computer Studies	1071-5819
International Journal of Imaging Systems and Technology	0899-9457
International Journal of Information Security	1615-5262
International Journal of Information Technology & Decision Making	0219-6220
International Journal of Innovative Computing Information and Control	1349-4198
International Journal of Intelligent Systems	0884-8173
International Journal of Medical InformaTIC	1386-5056
International Journal of Modern Physics C	0129-1831
International Journal of Network Management	1055-7148
International Journal of Neural Systems	0129-0657
International Journal of Numerical Modelling-Electronic Networks Devices and Fields	0894-3370
International Journal of Parallel Programming	0885-7458
International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence	0218-0014
International Journal of Quantum Information	0219-7499
International Journal of Rf and Microwave Computer-Aided Engineering	1096-4290
International Journal of Robust and Nonlinear Control	1049-8923

Títulos	ISSN
Cin-Computers InformaTIC Nursing	1538-2931
Circuits Systems and Signal Processing	0278-081X
Cluster Computing-the Journal of Networks Software Tools and Applications	1386-7857
Cognitive Systems Research	1389-0417
Combinatorics Probability & Computing	0963-5483
Communications of the Acm	0001-0782
Compel-the International Journal for Computation and MathemaTIC in Electrical and Electronic Engineering	0332-1649
Computational and Mathematical Organization Theory	1381-298X
Computational Biology and Chemistry	1476-9271
Computational Complexity	1016-3328
Computational Geosciences	1420-0597
Computational Intelligence	0824-7935
Computational LinguisTIC	0891-2017
Computational StatisTIC & Data Analysis	0167-9473
Computer	0018-9162
Computer Aided Geometric Design	0167-8396
Computer Animation and Virtual Worlds	1546-4261
Computer Applications in Engineering Education	1061-3773
Computer Communication Review	0146-4833
Computer Communications	0140-3664
Computer Graphics Forum	0167-7055
Computer Graphics World	0271-4159
Computer Journal	0010-4620
Computer Languages Systems & Structures	1477-8424
Computer Methods and Programs in Biomedicine	0169-2607
Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering	1025-5842
Computer Music Journal	0148-9267
Computer Networks	1389-1286
Computer Physics Communications	0010-4655
Computer Science and Information Systems	1820-0214
Computer Speech and Language	0885-2308
Computer Standards & Interfaces	0920-5489
Computer Supported Cooperative Work-the Journal of Collaborative Computing	0925-9724
Computer Systems Science and Engineering	0267-6192
Computer Vision and Image Understanding	1077-3142
Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering	1093-9687
Computer-Aided Design	0010-4485
Computers & Chemical Engineering	0098-1354
Computers & Education	0360-1315
Computers & Electrical Engineering	0045-7906
Computers & Fluids	0045-7930
Computers & Geosciences	0098-3004
Computers & Graphics-Uk	0097-8493
Computers & Industrial Engineering	0360-8352
Computers & MathemaTIC with Applications	0898-1221
Computers & Operations Research	0305-0548
Computers & Security	0167-4048
Computers & Structures	0045-7949
Computers and Concrete	1598-8198
Computers and Electronics in Agriculture	0168-1699
Computers and Geotechnics	0266-352X
Computers in Biology and Medicine	0010-4825
Computers in Industry	0166-3615
Computing	0010-485X
Computing and InformaTIC	0232-0274
Computing and InformaTIC	1335-9150
Computing in Science & Engineering	1521-9615
Concurrency and Computation-Practice & Experience	1532-0626
Concurrent Engineering-Research and Applications	1063-293X
Connection Science	0954-0091
Constraints	1383-7133
Control and CyberneTIC	0324-8569
Control Engineering Practice	0967-0661
Cryptologia	0161-1194
Current Computer-Aided Drug Design	1573-4099
CyberneTIC and Systems	0196-9722
Data & Knowledge Engineering	0169-023X
Data Mining and Knowledge Discovery	1384-5810
Decision Support Systems	0167-9236

Títulos	ISSN
International Journal of Satellite Communications and Networking	1542-0973
International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering	0218-1940
International Journal of Systems Science	0020-7721
International Journal of Uncertainty Fuzziness and Knowledge-Based Systems	0218-4885
International Journal of Unconventional Computing	1548-7199
International Journal of Wavelets Multiresolution and Information Processing	0219-6913
International Journal of Web and Grid Services	1741-1106
International Journal of Web Services Research	1545-7362
International Journal on Artificial Intelligence Tools	0218-2130
International Journal on Document Analysis and Recognition	1433-2833
International Journal on Semantic Web and Information Systems	1552-6283
Internet Research	1066-2243
Journal of Algorithms	0196-6774
Journal of Algorithms-Cognition InformaTIC and Logic	0196-6774
Journal of Ambient Intelligence and Smart Environments	1876-1364
Journal of Artificial Intelligence Research	1076-9757
Journal of Automated Reasoning	0168-7433
Journal of Biomedical InformaTIC	1532-0464
Journal of Cellular Automata	1557-5969
Journal of Chemical Information and Modeling	1549-9596
Journal of Chemometrics	0886-9383
Journal of Circuits Systems and Computers	0218-1266
Journal of Combinatorial Optimization	1382-6905
Journal of Communications and Networks	1229-2370
Journal of Complexity	0885-064X
Journal of Computational Analysis and Applications	1521-1398
Journal of Computational Biology	1066-5277
Journal of Computational Physics	0021-9991
Journal of Computer and System Sciences	0022-0000
Journal of Computer and Systems Sciences International	1064-2307
Journal of Computer Information Systems	0887-4417
Journal of Computer Science and Technology	1000-9000
Journal of Computer-Aided Molecular Design	0920-654X
Journal of Computing and Information Science in Engineering	1530-9827
Journal of Computing in Civil Engineering	0887-3801
Journal of Cryptology	0933-2790
Journal of Database Management	1063-8016
Journal of Electronic Imaging	1017-9909
Journal of Electronic Testing-Theory and Applications	0923-8174
Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence	0952-813X
Journal of Functional Programming	0956-7968
Journal of Grid Computing	1570-7873
Journal of HeurisTIC	1381-1231
Journal of HydroinformaTIC	1464-7141
Journal of Information Science	0165-5515
Journal of Information Science and Engineering	1016-2364
Journal of Information Technology	0268-3962
Journal of Intelligent & Fuzzy Systems	1064-1246
Journal of Intelligent & Robotic Systems	0921-0296
Journal of Intelligent Information Systems	0925-9902
Journal of Intelligent Manufacturing	0956-5515
Journal of Internet Technology	1607-9264
Journal of Lightwave Technology	0733-8724
Journal of Logic and Algebraic Programming	1567-8326
Journal of Logic and Computation	0955-792X
Journal of Machine Learning Research	1532-4435
Journal of Management Information Systems	0742-1222
Journal of Mathematical Imaging and Vision	0924-9907
Journal of Molecular Graphics & Modelling	1093-3263
Journal of Molecular Modeling	0948-5023
Journal of Molecular Modeling	1610-2940
Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing	1542-3980
Journal of Network and Computer Applications	1084-8045
Journal of Network and Systems Management	1064-7570
Journal of New Music Research	0929-8215
Journal of Optical Communications and Networking	1943-0620
Journal of Optical Networking	1536-5379
Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce	1091-9392

Títulos	ISSN
Design Automation for Embedded Systems	0929-5585
Designs Codes and Cryptography	0925-1022
Digital Investigation	1742-2876
Digital Signal Processing	1051-2004
Discrete & Computational Geometry	0179-5376
Discrete MathematIc and Theoretical Computer Science	1365-8050
Displays	0141-9382
Distributed and Parallel Databases	0926-8782
Distributed Computing	0178-2770
Dr Dobbs Journal	1044-789X
Earth Science InformaTIC	1865-0473
Electric Power Components and Systems	1532-5008
Electric Power Systems Research	0378-7796
Electrical Engineering	0948-7921
Electronic Commerce Research and Applications	1567-4223
Electronics Letters	0013-5194
Empirical Software Engineering	1382-3256
Engineering Applications of Artificial Intelligence	0952-1976
Engineering Computations	0264-4401
Engineering Intelligent Systems for Electrical Engineering and Communications	0969-1170
Engineering Intelligent Systems for Electrical Engineering and Communications	1472-8915
Engineering with Computers	0177-0667
Enterprise Information Systems	1751-7575
Environmental Modelling & Software	1364-8152
Eurasip Journal on Advances in Signal Processing	1687-6172
Eurasip Journal on Applied Signal Processing	1110-8657
Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking	1687-1472
Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking	1687-1499
European Journal of Information Systems	0960-085X
European Transactions on Telecommunications	1120-3862
European Transactions on Telecommunications	1124-318X
Evolutionary Computation	1063-6560
Expert Systems	0266-4720
Expert Systems with Applications	0957-4174
Formal Aspects of Computing	0934-5043
Formal Methods in System Design	0925-9856
Foundations of Computational MathemaTIC	1615-3375
Fundamenta Informaticae	0169-2968
Future Generation Computer Systems-the	
International Journal of Grid Computing and Escience	0167-739X
Fuzzy Optimization and Decision Making	1568-4539
Fuzzy Sets and Systems	0165-0114
Genetic Programming and Evolvable Machines	1389-2576
Geoinformatica	1384-6175
Graphical Models	1524-0703
Human-Computer Interaction	0737-0024
Ibm Journal of Research and Development	0018-8646
Ibm Systems Journal	0018-8670
Icga Journal	1389-6911
Ieee Proceedings-Circuits Devices and Systems	1350-2409
Ieee Proceedings-Communications	1350-2425
Ieee Proceedings-Control Theory and Applications	1350-2379
Ieee Proceedings-Vision Image and Signal Processing	1350-245X
Ieee Annals of the History of Computing	1058-6180
Ieee Communications Letters	1089-7798
Ieee Communications Magazine	0163-6804
Ieee Communications Surveys and Tutorials	1553-877X
Ieee Computational Intelligence Magazine	1556-603X
Ieee Computer Graphics and Applications	0272-1716
Ieee Design & Test of Computers	0740-7475
Ieee Intelligent Systems	1094-7167
Ieee Intelligent Systems	1541-1672
Ieee Internet Computing	1089-7801
Ieee Journal of Solid-State Circuits	0018-9200
Ieee Micro	0272-1732
Ieee Multimedia	1070-986X
Ieee Network	0890-8044
Ieee Pervasive Computing	1536-1268
Ieee Security & Privacy	1540-7993
Ieee Sensors Journal	1530-437X
Ieee Software	0740-7459

Títulos	ISSN
Journal of Parallel and Distributed Computing	0743-7315
Journal of Real-Time Image Processing	1861-8200
Journal of Research and Practice in Information Technology	1443-458X
Journal of Signal Processing Systems for Signal Image and Video Technology	1939-8018
Journal of Software Maintenance and Evolution-Research and Practice	1532-060X
Journal of Statistical Computation and Simulation	0094-9655
Journal of Statistical Software	1548-7660
Journal of Strategic Information Systems	0963-8687
Journal of Supercomputing	0920-8542
Journal of Symbolic Computation	0747-7171
Journal of Systems and Software	0164-1212
Journal of Systems Architecture	1383-7621
Journal of the AcM	0004-5411
Journal of the American Medical InformaTIC Association	1067-5027
Journal of the American Society for Information Science and Technology	1532-2882
Journal of the Association for Information Systems	1536-9323
Journal of the Franklin Institute-Engineering and Applied MathemaTIC	0016-0032
Journal of Universal Computer Science	NULL
Journal of Universal Computer Science	0948-695X
Journal of Visual Communication and Image Representation	1047-3203
Journal of Visual Languages and Computing	1045-926X
Journal of Web Engineering	1540-9589
Journal of Web SemanTIC	1570-8268
Knowledge and Information Systems	0219-1377
Knowledge Engineering Review	0269-8889
Knowledge-Based Systems	0950-7051
Ksii Transactions on Internet and Information Systems	1976-7277
Kybernetes	0368-492X
Kybernetika	0023-5954
Language Resources and Evaluation	1574-020X
Logical Methods in Computer Science	1860-5974
Machine Learning	0885-6125
Machine Vision and Applications	0932-8092
Malaysian Journal of Computer Science	0127-9084
Match-Communications in Mathematical and in Computer Chemistry	0340-6253
Mathematical and Computer Modelling	0895-7177
Mathematical and Computer Modelling of Dynamical Systems	1387-3954
Mathematical Programming	0025-5610
Mathematical Structures in Computer Science	0960-1295
MathemaTIC and Computers in Simulation	0378-4754
MathemaTIC of Control Signals and Systems	0932-4194
Mechatronics	0957-4158
Medical & Biological Engineering & Computing	0140-0118
Medical Image Analysis	1361-8415
Methods of Information in Medicine	0026-1270
Microelectronic Engineering	0167-9317
Microelectronics Journal	0026-2692
Microelectronics Reliability	0026-2714
Microprocessors and Microsystems	0141-9331
Minds and Machines	0924-6495
Mis Quarterly	0276-7783
Mobile Information Systems	1574-017X
Mobile Networks & Applications	1383-469X
Modeling Identification and Control	0332-7353
Multidimensional Systems and Signal Processing	0923-6082
Multimedia Systems	0942-4962
Multimedia Tools and Applications	1380-7501
Network-Computation in Neural Systems	0954-898X
Networks	0028-3045
Neural Computation	0899-7667
Neural Computing & Applications	0941-0643
Neural Network World	1210-0552
Neural Networks	0893-6080
Neural Processing Letters	1370-4621
Neurocomputing	0925-2312
NeuroinformaTIC	1539-2791
New Generation Computing	0288-3635
New Review of Hypermedia and Multimedia	1361-4568

Títulos	ISSN
IEEE Systems Journal	1932-8184
IEEE Transactions on Applied Superconductivity	1051-8223
IEEE Transactions on Automatic Control	0018-9286
IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology	1051-8215
IEEE Transactions on Circuits and Systems I-Fundamental Theory and Applications	1057-7122
IEEE Transactions on Circuits and Systems I-Regular Papers	1057-7122
IEEE Transactions on Circuits and Systems I-Regular Papers	1549-8328
IEEE Transactions on Circuits and Systems II-Express Briefs	1057-7130
IEEE Transactions on Circuits and Systems II-Express Briefs	1549-7747
IEEE Transactions on Communications	0090-6778
IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems	0278-0070
IEEE Transactions on Computers	0018-9340
IEEE Transactions on Control Systems Technology	1063-6536
IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing	1545-5971
IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility	0018-9375
IEEE Transactions on Electron Devices	0018-9383
IEEE Transactions on Evolutionary Computation	1089-778X
IEEE Transactions on Fuzzy Systems	1063-6706
IEEE Transactions on Image Processing	1057-7149
IEEE Transactions on Industrial Electronics	0278-0046
IEEE Transactions on Industrial Informatics	1551-3203
IEEE Transactions on Information Forensics and Security	1556-6013
IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine	1089-7771
IEEE Transactions on Information Theory	0018-9448
IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement	0018-9456
IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems	1524-9050
IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering	1041-4347
IEEE Transactions on Medical Imaging	0278-0062
IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques	0018-9480
IEEE Transactions on Mobile Computing	1536-1233
IEEE Transactions on Multimedia	1520-9210
IEEE Transactions on Neural Networks	1045-9227
IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems	1045-9219
IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence	0162-8828
IEEE Transactions on Power Electronics	0885-8993
IEEE Transactions on Reliability	0018-9529
IEEE Transactions on Reliability	0361-1434
IEEE Transactions on RoboTIC and Automation	1042-296X
IEEE Transactions on Signal Processing	1053-587X
IEEE Transactions on Software Engineering	0098-5589
IEEE Transactions on Speech and Audio Processing	1063-6676
IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics Part A-Systems and Humans	1083-4427
IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics Part B-Cybernetics	1083-4419
IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics Part C-Applications and Reviews	1094-6977
IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems	1063-8210
IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics	1077-2626
IEEE Transactions on Wireless Communications	1536-1276
IEEE Wireless Communications	1070-9916
IEEE Wireless Communications	1536-1284
IEEE-Acm Transactions on Computational Biology and Bioinformatics	1545-5963
IEEE-Acm Transactions on Computational Biology and Bioinformatics	1545-5963
IEEE-Acm Transactions on Networking	1063-6692
IEEE Electronics Express	1349-2543
IEEE Transactions on Communications	0916-8516
IEEE Transactions on Fundamentals of Electronics Communications and Computer Sciences	0916-8508
IEEE Transactions on Information and Systems	0916-8532
IEEE Computer Vision	1751-9632
IEEE Computers and Digital Techniques	1751-8601
IEEE Control Theory and Applications	1751-8644
IEEE Information Security	1751-8709
IEEE Software	1751-8806

Títulos	ISSN
Online Information Review	1468-4527
Open Systems & Information Dynamics	1230-1612
Optical and Quantum Electronics	0306-8919
Optical Fiber Technology	1068-5200
Optical Switching and Networking	1573-4277
Optimization Methods & Software	1055-6788
Parallel Computing	0167-8191
Pattern Analysis and Applications	1433-7541
Pattern Recognition	0031-3203
Pattern Recognition	0302-9743
Pattern Recognition Letters	0167-8655
Peer-to-Peer Networking and Applications	1936-6442
Performance Evaluation	0166-5316
Personal and Ubiquitous Computing	1617-4909
Photonic Network Communications	1387-974X
Presence-Teleoperators and Virtual Environments	1054-7460
Problems of Information Transmission	0032-9460
Proceedings of the IEEE	0018-9219
Program-Electronic Library and Information Systems	0033-0337
Programming and Computer Software	0361-7688
Qsar & Combinatorial Science	1611-020X
Quantum Information & Computation	1533-7146
Queueing Systems	0257-0130
RAIRO-Theoretical Informatics and Applications	0988-3754
RAIRO-Theoretical Informatics and Applications	1290-385X
Random Structures & Algorithms	1042-9832
Real-Time Systems	0922-6443
Requirements Engineering	0947-3602
RoboTIC and Autonomous Systems	0921-8890
RoboTIC and Computer-Integrated Manufacturing	0736-5845
Romanian Journal of Information Science and Technology	1453-8245
Sar and Qsar in Environmental Research	1062-936X
Science China-Information Sciences	1674-733X
Science in China Series F-Information Sciences	1009-2757
Science of Computer Programming	0167-6423
Scientific Programming	1058-9244
Scientometrics	0138-9130
Security and Communication Networks	1939-0114
Sensors and Actuators A-Physical	0924-4247
Siam Journal on Computing	0097-5397
Siam Journal on Imaging Sciences	1936-4954
Sigmod Record	0163-5808
Signal Processing	0165-1684
Simulation Modelling Practice and Theory	1569-190X
Simulation-Transactions of the Society for Modeling and Simulation International	0037-5497
Social Science Computer Review	0894-4393
Soft Computing	1432-7643
Software and Systems Modeling	1619-1366
Software Quality Journal	0963-9314
Software Testing Verification & Reliability	0960-0833
Software-Practice & Experience	0038-0644
Solid-State Electronics	0038-1101
Speech Communication	0167-6393
Statistics and Computing	0960-3174
Structural and Multidisciplinary Optimization	1615-147X
Telecommunication Systems	1018-4864
Theoretical Computer Science	0304-3975
Theory and Practice of Logic Programming	1471-0684
Theory of Computing Systems	1432-4350
Traitement Du Signal	0765-0019
Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences	1300-0632
User Modeling and User-Adapted Interaction	0924-1868
Visual Computer	0178-2789
Vldb Journal	1066-8888
Wireless Communications & Mobile Computing	1530-8669
Wireless Networks	1022-0038

## **ANEXO II. DEFINICIÓN DE PATENTES TIC**

### **Telecomunicaciones:**

- G01S: Radio navigation
- G08C: Transmission systems for measured values
- G09C: Cipherring apparatus
- H01P, H01Q: Waveguides, resonators, aerials
- H01S003-025, H01S003-043, H01S003-063, H01S003-067, H01S003-085, H01S003-0933, H01S003-0941, H01S003-103, H01S003-133, H01S003-18, H01S003-19, H01S003-25, H01S005: Semiconductor lasers
- H03B-D: Generation of oscillations, modulation, demodulation
- H03H: Impedance networks, resonators
- H03M: Coding, decoding
- H04B: Transmission
- H04J: Multiplex communication
- H04K: Secret communication
- H04L: Transmission of digital information
- H04M: Telephonic communication
- H04Q: Selecting, public switching

97

### **Computadoras y máquinas de oficina:**

- B07C: Postal sorting
- B41J: Typewriters
- B41K: Stamping apparatus
- G02F: Control of light parameters
- G03G: Electrography
- G05F: Electric regulation
- G06: Computing
- G07: Checking devices
- G09G: Control of variable information devices
- G10L: Speech analysis and synthesis
- G11C: Static stores
- H03K, H03L: Pulse technique, control of electronic oscillations or pulses

### **Electrónica de consumo:**

- G11B: Information storage with relative movement between record carrier and transducer
- H03F, H03G: Amplifiers, control of amplification
- H03J: Tuning resonant circuits
- H04H: Broadcast communication
- H04N: Pictorial communication, television
- H04R: Electromechanical transducers
- H04S: Stereophonic systems

### **Otras TIC:**

- G01B, G01C, G01D, G01F, G01G, G01H, G01J, G01K, G01L, G01M, G01N, G01P, G01R, G01V, G01W: Measuring, testing
- G02B006: Light guides
- G05B: Control and regulating systems
- G08G: Traffic control systems
- G09B: Educational or demonstration appliances
- H01B011: Communication cables
- H01J011, H01J013, H01J015, H01J017, H01J019, H01J021, H01J023, H01J025, H01J027, H01J029, H01J031, H01J033, H01J040, H01J041, H01J043, H01J045: Electric discharge tubes
- H01L: Semiconductor device