2.1. LAS TECNOLOGÍAS DE PROPÓSITO GENERAL EN IBEROAMÉRICA. SITUACIÓN ACTUAL Y TENDENCIAS COMPARADAS DE LA I+D EN NANOTECNOLOGÍA, BIOTECNOLOGÍA Y TIC

El presente informe ha sido elaborado por el equipo de la RICYT y del Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad de la OEI. Estuvo coordinado por Rodolfo Barrere y contó con la colaboración de Rodrigo Liscovsky, Diego Paredes y Laura Trama. El acceso a las bases de datos fue facilitado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina.

RESUMEN

Este informe presenta un panorama detallado de la investigación científica y el desarrollo tecnológico en las denominadas Tecnologías de Propósito General (TPG), que abarcan a la Nanotecnología, la Biotecnología y 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 estas temáticas y su impacto y correlato con lo observado a nivel regional.

Las fuentes de información utilizadas a tal fin han sido las publicaciones científicas registradas en la base de datos bibliométrica Science Citation Index. La identificación de estos registros se realizó continuando las metodologías desarrolladas en trabajos anteriores publicados por la RICYT y el Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad de la OEI.

Este trabajo presenta un panorama general y comparado de la producción científica en las TPG a nivel mundial y regional entre 2000 y 2013. Da cuenta en paralelo de la evolución de la nanotecnología, la biotecnología y las TIC, los principales países a nivel mundial y del desarrollo de estas áreas en Iberoamérica.

El informe hace foco en los patrones de colaboración entre países. Se han aplicado para ello herramientas de análisis de redes que muestran tendencias mundiales y particularidades regionales en la investigación colaborativa. Se aborda también el entramado de los principales grupos de investigación de la región en cada una de las áreas bajo estudio.

PRINCIPALES AFIRMACIONES

1. Las TPG son tecnologías transversales de los sectores intensivos en conocimiento que tienen múltiples campos de aplicación y son vistas también como factores revolucionarios en la innovación empresarial. Desde el lado de la oferta de conocimiento, se trata de nuevas áreas transversales que se potencian de manera sinérgica generando oportunidades de desarrollo. La nanotecnología, la biotecnología y las TIC son claros ejemplos de esta tendencia.

2. La nanotecnología es el área que presenta el mayor crecimiento. Con 145.952 documentos publicados en 2013 casi triplicó los valores del año 2000.La biotecnología y las TIC también tuvieron una evolución positiva acelerada, duplicando la cantidad de artículos publicados en el periodo.

3. En Iberoamérica se observa un crecimiento sostenido en las tres TPG, guardando relación con el crecimiento mundial, aunque a un ritmo aún más acelerado. Sin embargo, la participación iberoamericana en el total de la producción mundial para las tres TPG sigue siendo modesta, rondando el 7% del total global, y levemente por debajo de su participación en el total del SCI.

4. Estados Unidos y China aparecen como los principales actores en todas las TPG. Si bien la posición de liderazgo de Estados Unidos es un fenómeno de larga data, se ve ahora desafiada por el crecimiento chino, que ya ha conseguido superar al país norteamericano en la producción científica en nanotecnología. En esta área es llamativa también la presencia de la India entre los cinco países más productivos. La biotecnología, presenta un panorama de actores más tradicional, con fuerte presencia de Inglaterra, Alemania y Japón. El caso de las TIC es similar, aunque aquí se destaca la aparición de España entre los cinco países más productivos a nivel mundial

5. El panorama en Iberoamérica está liderado en todos los casos por España y Brasil, seguidos a cierta distancia por Portugal, México y Argentina. Existen pocas diferencia de este fenómeno entre las distintas TPG. El caso más destacable es el de las TIC, terreno en el que la fuerte presencia de España contrasta con el bajo desempeño de Argentina. En el caso de la biotecnología se observa una mayor presencia brasileña, acortando la distancia que tiene con España en otras TPG.

6. Se observa un incremento de la colaboración internacional en la producción de conocimiento. La nanotecnología y la biotecnología tienen patrones similares, ambas con un 38% de artículos en colaboración internacional en 2000 y cerca de un 45% en 2013. Las TIC, en cambio, presentan niveles de internacionalización menores, pasando de un 32% en 2000 al 40% en 2013.

7. Como regla general, se observa que en Iberoamérica a mayor tamaño de los sistemas de ciencia y tecnología de los países, menores los niveles de colaboración internacional. Esto puede estar relacionado con la necesidad de contar con socios extranjeros para el desarrollo de I+D en áreas de frontera como las TPG, donde además la disponibilidad de grandes equipamientos resulta crítica.

8. Al mismo tiempo, la colaboración dentro de la región es también más importante en los países con sistemas de ciencia y tecnología de menor tamaño. Para España y Brasil, los líderes en ciencia y tecnología de la región, la colaboración con otros países iberoamericanos ronda el 10% en las tres áreas analizadas.

9. Al observar la disposición de los países iberoamericanos dentro de las redes mundiales podemos señalar que su presencia y cohesión varían de un área a otra. En el caso de la biotecnología estos países se muestran muy dispersos y relacionados mayormente de forma directa con EEUU. Por otro lado, en la red de colaboración en nanotecnología hay un panorama intermedio, donde Portugal, Argentina, Costa Rica, Chile y Cuba se aferran a la red mundial a través de su vínculo directo con España. En el caso de las TIC, quizás por el fuerte peso de España en el tema, los países iberoamericanos se muestran muy agrupados detrás suyo. Sin embargo, para el resto de la región se trata de un tema de investigación menor en relación a las otras TPG.

10. En general, la comunidad científica iberoamericana se encuentra más cohesionada en 2013 que en 2000, señalando una tendencia hacia la integración regional. Al comparar los índices de densidad de las redes se observa que los valores se han incrementado para los tres casos, siendo las redes de nanotecnología y biotecnología las que han mostrado el salto más importante.

11. A nivel institucional, son las redes de colaboración en nanotecnología y biotecnología las que presentan los mayores índices de cohesión. Por su lado la red de TIC es la que presenta la menor cohesión con una densidad de 0,17. Estos resultados muestran una vez más a las redes de colaboración en biotecnología y nanotecnología con un mayor afianzamiento en la integración en términos científicos en comparación con la red de TIC.

1. La importancia de las Tecnología de Propósito General

Las Tecnologías de Propósito General (TPG) son usualmente descriptas como sistemas de conocimiento y técnicas con la capacidad de alterar la economía entera e impactar a nivel global sobre la producción de bienes y servicios e incluso sobre las estructuras sociales preexistentes (Jovanovic et al. 2005). Puede identificarse la aparición de distintas TPG desde la antigüedad, como por ejemplo la rueda, la imprenta o la máquina de vapor. En este siglo se han identificado tres tecnologías con un impacto potencial de esa magnitud: la nanotecnología, la biotecnología y las TIC (Lipsey et al. 2005).

Las TPG son así entendidas como tecnologías transversales de los sectores intensivos en conocimiento que tienen múltiples campos de aplicación. Algunas definiciones centran el concepto de TPG en un conjunto de tecnologías caracterizadas por ser aplicables en varios sectores industriales, por tener el potencial de mejorar considerablemente en el tiempo y por permitir la creación de otras nuevas tecnologías con innovaciones complementarias (Bresnahan et al. 1995).

Estas tecnologías son vistas también como factores revolucionarios en la innovación empresarial. Las TPG tienen la característica de poder ser aplicadas por distintos actores a lo largo de una cadena de valor, acomodándose a estrategias de las diferentes empresas que las aplican. Esto le permite a las empresas innovadoras mejorar sus posibilidades de éxito en mercados intensivos en conocimiento en base al control de una única tecnología (Gambardella et al. 2010).

Desde el lado de la oferta de conocimiento, la ruptura de las fronteras disciplinarias tradicionales ha dado lugar al desarrollo de nuevas áreas transversales que se potencian de manera sinérgica generando oportunidades de desarrollo. La nanotecnología, la biotecnología y las TIC son también claros ejemplos de esta tendencia.

En ese contexto, las TPG se han vuelto también el foco de políticas de promoción por parte de los gobiernos a nivel mundial. Los países iberoamericanos no escapan a esta tendencia. En la actualidad, al menos trece países de la región cuentan con instrumentos de política de promoción sectorial o de áreas prioritarias. Nuevamente, la nanotecnología, la biotecnología y las TIC son las más recurrentes.[1]

Este interés de los gobiernos genera también una fuerte demanda de información para el diseño de políticas y la gestión. Sin embargo, la transversalidad de las TPG con respecto a las clasificaciones clásicas de los datos disponibles en ciencia y tecnología plantea un desafío recurrente a los productores de información. Si bien algunos países han hecho avances sustantivos en la medición de áreas prioritarias, existe aún mucho trabajo por realizar (RICYT. 2010).

Para comprender mejor la magnitud del potencial de las TPG y el interés que despiertan, conviene hacer un breve recorrido por sus características y nivel actual de desarrollo.

La nanotecnología se refiere a la creación de materiales funcionales, dispositivos y sistemas a través del control de la materia a nivel atómico y molecular. Es una actividad fuertemente interdisciplinaria que involucra, entre otras, a la física, la química, la biología, la medicina y la ingeniería. Desde un punto de vista formal, la nanotecnología se refiere a la comprensión y al control de la materia en escalas de tamaño menores a los 100 nm (1 nm = 1x10-7 cm). En esta escala, que se denomina escala mesoscópica, aparecen fenómenos únicos, originados en la naturaleza cuántica de la materia, que pueden ser utilizados para nuevas aplicaciones.

El rápido crecimiento de la nanotecnología registrado mundialmente a partir de los años ochenta se basa en la invención de nuevas microscopías, las cuales no sólo permiten observar la materia a escalas atómicas sino también la manipulación de átomos y moléculas, en el fenomenal crecimiento de las capacidades computacionales junto al desarrollo de nuevos métodos de cálculo teóricos y en los avances de la química sintética y la química supramolecular

Sin embargo, la nanotecnología no constituye un campo bien definido de la actividad tecnológica sino un conjunto de tecnologías que evoluciona a diferentes velocidades y características. Los especialistas señalan que la nanotecnología está impactando e impactará cada vez más, en forma directa o indirecta, en diferentes industrias, especialmente en la manufacturera, la electrónica, la farmacéutica y la textil, entre otras. También indican que está impactando progresivamente, y continuará haciéndolo, en áreas tan disímiles como la salud, la cosmética la energía, el transporte, el medio ambiente y la seguridad. Este listado ilustrativo aunque no exhaustivo, se encuentra, además, en permanente expansión y produciendo cambios incrementales en los mercados existentes y la creación de nuevos mercados difícilmente imaginables en estos momentos.

Otro factor importante es que en este campo las distancias que separan los laboratorios de investigación y de desarrollo experimental e, incluso, la cadena de producción industrial, son tan pequeñas que no es fácil establecer fronteras claras. Así, es muy corriente en este campo que un nuevo producto comercial, capaz de revolucionar todo un mercado, esté basado en un descubrimiento científico muy reciente.

La biotecnología, en cambio, puede rastrear sus orígenes en miles de años de historia humana. Los datos arqueológicos permiten confirmar que desde al menos

6.000 años atrás el hombre aprendió a hacer uso de organismos naturales o parte de los mismos con el fin de producir pan, cerveza, queso, vino o ciertos medicamentos. Actualmente, se entiende por biotecnología la producción de conocimientos, bienes o servicios, mediante el empleo de organismos vivos, parte de ellos o sus productos (OCDE, 2005). Por ello, la biotecnología debe considerarse un término genérico que engloba diversas etapas de desarrollo y aplicación.

En la segunda mitad del siglo XX se produjeron avances espectaculares en el conocimiento de los procesos elementales de la vida y de las bases moleculares que permitieron entender los mecanismos de la expresión de genes. Estos conocimientos junto con las tecnologías de modificación dirigida del ADN fueron rápidamente incorporadas a la generación de organismos genéticamente modificados con el fin de obtener productos de interés en medicina y agroalimentos.

A nivel económico, la utilización de la biotecnología en cualquier sector, representa la optimización de procesos, disminución de escalas, mejoramiento de la calidad de los productos y un mejor control en el empleo de las materias primas y recursos disponibles. Teniendo en cuenta esto, el rol de la biotecnología en el contexto económico mundial es imprescindible para el crecimiento de economías desarrolladas o en desarrollo.

En ese sentido, es también importante considerar el concepto de bioeconomía, que desde este punto de vista aborda los cambios y desafíos globales del futuro y la forma en que pueden las ciencias biotecnológicas, en general, contribuir a resolver los complejos problemas que ya están planteados hoy en día. La bioeconomía, estratégicamente, ofrece significativos aportes a los gobiernos, a las empresas, a los científicos y a la sociedad en general para la toma de decisiones en relación con las políticas innovadoras en campos como salud, alimentación, agricultura y cambio global, desde la perspectiva de las soluciones posibles ofrecidas desde las biotecnologías.

Finalmente, las TIC son quizás las tecnologías que más atraviesan los distintos sectores de la economía y a nuestra vida y costumbres en general. 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.

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). 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.

Considerando entonces la importancia de estas tres tecnologías en el desarrollo económico y social de los países, presentamos a continuación un análisis comparado de la producción científica en cada una de estas áreas, con el objetivo de aportar a la comprensión de su desarrollo y potencial en los países iberoamericanos.

2. Las huellas de la investigación y el desarrollo

Aunque el conocimiento es de carácter intangible, el proceso mediante el cual se produce 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.

Las publicaciones científicas son huellas privilegiadas de la producción de conocimiento. Las revistas científicas, junto con las pautas y reglas que regulan su funcionamiento, son el canal por el cual los investigadores hacen público de manera "oficial" el resultado de su trabajo. El conjunto de las publicaciones científicas encarnan, entonces, el acervo de conocimiento disponible y, a la vez, demarcan el campo y dan escenario a los debates científicos.

La fuente de información más difundida para los estudios de producción científica y para los indicadores bibliométricos, consiste en la extracción de información estadística de bases bibliográficas. Estas fuentes de información cuentan con datos acumulados durante muchos años, de los documentos publicados en revistas científicas seleccionadas. Contienen referencias bibliográficas que incluyen el título del artículo, sus autores, la pertenencia institucional de los mismos, la revista de publicación y el abstract del documento, entre otros datos.

La selección de las revistas que son indexadas en esas bases de datos se realiza con fuertes criterios de calidad editorial (reconocimiento del comité editor, calidad

académica de los encargados del referato, etc), opiniones de expertos y análisis de las citas recibidas por las revistas como una muestra de su visibilidad. Esa selección también debe garantizar una correcta cobertura de los temas que la base de datos pretende cubrir. En el caso de las bases internacionales se busca cubrir la corriente principal (mainstream) de la ciencia internacional.

En este trabajo se ha utilizado una de las principales bases de datos bibliográficas internacionales, el Science Citation Index (SCI), en su versión Web of Science. El SCI cuenta con una colección de más 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.

Una dificultad inicial de estudios bibliométricos de áreas transversales como las TPG reside en la selección precisa de los documentos que dan cuenta del campo que se desea analizar, ya que abarcan un sinnúmero de las disciplinas tradicionales en las que se agrupan temáticamente las revistas científicas. En este estudio se ha dado continuidad a estrategias utilizadas en trabajos anteriormente publicados por la RICYT y el Observatorio Iberoamericano de la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad de la OEI sobre nanotecnología en 2008, biotecnología en 2009 y TIC en 2011.

En el caso de la nanotecnología, la definición del corpus de datos resulta un tarea compleja que, dada la mencionada transversalidad disciplinaria, sólo puede realizarse de manera efectiva en base a un conjunto de palabras clave representativas del objeto de estudio. Existen varios trabajos que contienen estrategias alternativas para seleccionar las publicaciones con contenido nanotecnológico en bases de datos bibliográficas. Para este trabajo se revisaron tres de ellas, incluidas en los trabajos Refining Search Terms for Nanotechnology Research (Porter et al, 2008), The Seminal Literature of Nanotechnology (Kostoff et al, 2005) y Nano Sciences and Nano Technologies in Austria (Friedewald et al, 2006).

Si bien estas estrategias recuperaron cantidades similares de registros, la intersección entre ambos conjuntos resultó tan sólo cercana al 70%. Luego de someter ambas posibilidades a nanotecnólogos expertos, se optó por la incluida en el trabajo de Friedewald para el Instituto Fraunhofer por ser más representativa de los temas actuales en el terreno de la nanotecnología a nivel mundial. Se trata de una estrategia amplia, que busca abarcar todos los campos de la nanotecnología, aplicada a una base de datos con estrictos estándares de calidad como es el SCI. El detalle de la estrategia utilizada se encuentra en el Anexo 1 de este informe.

En el caso de la medición de la biotecnología se cuenta con metodologías muy consolidadas. Desde hace varios años la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) ha formado un grupo de trabajo dedicado a las estadísticas en biotecnología. Uno de los principales resultados de ese emprendimiento es el documento A Framework for Biotechnology Statistics, publicado en 2005. En ese documento se ofrecen definiciones muy precisas, que han orientado la mayor parte de los estudios métricos en este terreno, motivo por el cual ha sido utilizada en este informe.

La OCDE define a la biotecnología como “la aplicación de la ciencia y la tecnología a los organismos vivos, así como a partes, productos y modelos de los mismos, para alterar materiales vivos o no, con el fin de producir conocimientos, bienes o servicios” (OCDE, 2005).

Esta definición general, que abarca toda la denominada biotecnología moderna, especifica su alcance en base a la siguiente lista de técnicas biotecnológicas:

• ADN (Ácido Desoxirribonucleico)/ARN (Ácido Ribonucléico): genómica, fármaco-genética, sondas de genes, ingeniería genética, secuenciado/síntesis/amplificación de ADN/ARN, patrones de expresión genética y uso de tecnología antisentido, ARN de interferencia.

• Proteínas y otras moléculas: secuenciación/síntesis /ingeniería de proteínas y péptidos (incluyendo grandes moléculas con actividad hormonal), métodos de envío y liberación mejorados de grandes moléculas con acción farmacológica, proteómica, aislamiento y purificación de proteínas, identificación de receptores celulares y de señales celulares.

• Cultivo e ingeniería celular y de tejidos: cultivo de células/tejidos, ingeniería de tejidos (incluyendo ingeniería biomédica y estructuras para el armado de tejidos), hibridación y fusión celular, vacunas/estimulantes de inmunidad, manipulación de embriones.

• Biotecnología de procesos: fermentación utilizando biorreactores, bioprocesos, bio-lixiviación, bio-producción de pulpa de papel, bio-blanqueado, bio-desulfuración, biofiltración y biorremediación.

• Genes y vectores de ADN/ARN: terapia génica, vectores virales.

• Bioinformática: construcción de bases de datos de genomas, secuencias de proteínas, y modelización de complejos procesos biológicos, incluyendo biología de sistemas.

• Nanobiotecnología: aplicaciones de herramientas y procesos de nano y microfabricación a la construcción de dispositivos para estudiar biosistemas y aplicaciones en entrega de drogas, diagnósticos, etc.

Sobre esta base, la estrategia utilizada para la delimitación del campo en las publicaciones científicas se basó en un conjunto de palabras clave representativas del objeto de estudio. Este conjunto de palabras, que tomaron como base las definiciones de la OCDE y otros trabajos bibliométricos disponibles, fueron refinadas con la

asistencia de expertos en el tema. El listado resultante se incluye en el Anexo 2 de este informe.

Por último, en el caso de la delimitación del campo de las TIC, el 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.

Como se mencionó anteriormente, la colección de revistas que integran el SCI está organizada en base a áreas temáticas. Cada revista es asignada a una o varias de estas disciplinas. 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 "ciencias de la computación", "ingeniería eléctrica y electrónica" y "telecomunicaciones". El listado completo de las revistas analizadas se encuentran en el Anexo 3 de este documento.

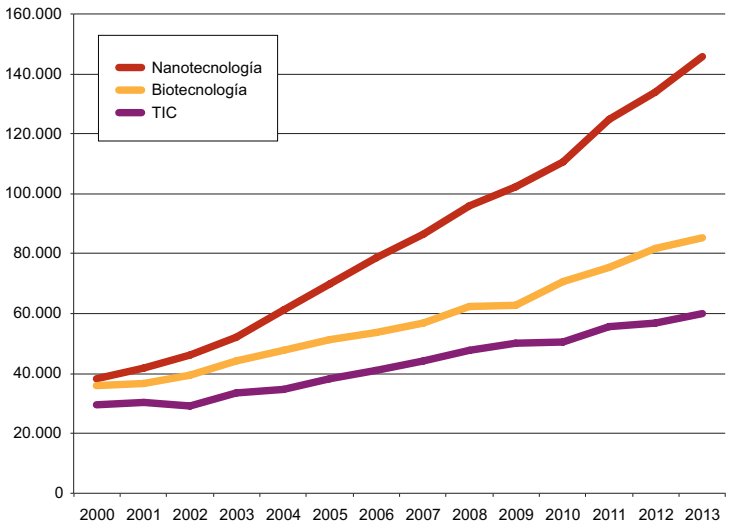
Es importante tener en cuenta también que la investigación en las áreas temáticas más importantes en torno a las TIC tiene canales de comunicación particulares y que pueden diferir de las formas típicas de puesta en común del trabajo en otras áreas disciplinarias. En este caso, para científicos e ingenieros 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.

A continuación se presenta, de forma comparada, la evolución de la producción científica en cada una de estas TPG en el mundo, haciendo foco en el desarrollo de estas áreas en los países iberoamericanos.

3. La evolución de la producción científica

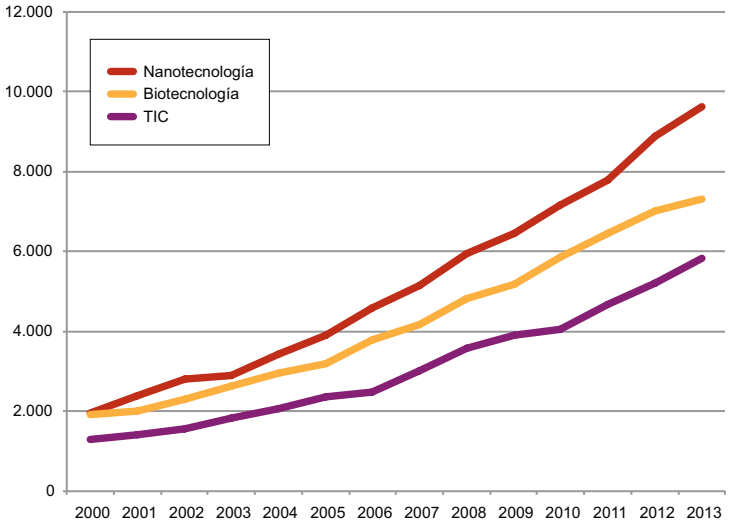
Considerando la importancia que tienen las TPG para el desarrollo y el interés que han despertado en la comunidad científica y los gobiernos, es lógico esperar una fuerte expansión de la producción científica en estas temáticas. El **Gráfico 1** muestra la evolución de las publicaciones registradas a nivel mundial en el SCI en nanotecnología, la biotecnología y las TIC entre el año 2000 y 2013.

Gráfico 1. Evolución de la producción científica en TPG



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

Gráfico 2. Evolución de la producción científica de Iberoamérica en TPG



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

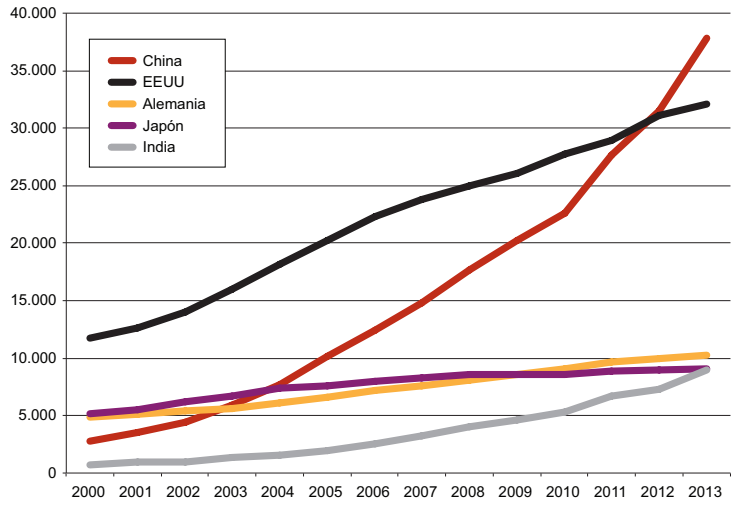
La nanotecnología es el área que presenta el mayor crecimiento. Los 145.952 documentos publicados en 2013 casi triplicó los valores del año 2000, acumulando un total de 1.187.498 documentos durante ese período. Por su parte, las publicaciones en biotecnología y TIC también tuvieron una evolución positiva acelerada, duplicando la cantidad de artículos publicados al inicio de la serie. Si bien mantienen una tendencia de crecimiento equivalente, la biotecnología tiene un volumen mayor, con 85.274 documentos en el último año, en comparación con las 59.805 artículos en TIC.

Es también importante señalar que la expansión de la producción de conocimiento en las tres TPG ha sido ininterrumpido en todo el periodo. Sólo se registran leves disminuciones del ritmo de crecimiento en años puntuales, como el 2010 en nanotecnología, el 2009 en biotecnología y el 2002 en TIC.

Si analizamos la evolución de la producción científica de los países de Iberoamérica (**Gráfico 2**), se observa un crecimiento sostenido en las tres TPG a lo largo del período estudiado, guardando relación con el crecimiento mundial. Sin embargo, es importante destacar que el crecimiento de la cantidad de publicaciones de dio a un ritmo aún más acelerado.

Mientras que la producción científica mundial se multiplicó, entre 2000 y 2013, por 3,82 en nanotecnología y 2,37 en biotecnología, en Iberoamérica las publicaciones se multiplicaron por 4,92 y 3,83 respectivamente. Un lugar especial lo ocupa el crecimiento de registros iberoamericanos en TIC: mientras que la producción mundial se ha multiplicado por 2,03, en Iberoamérica lo ha hecho por 4,53. Esto puede atribuirse no tanto a un incremento real del volumen productivo sino a una ampliación de la cobertura de revistas de Iberoamérica en el SCI a partir del año 2007.

Gráfico 3. Producción científica en nanotecnología en los cinco países principales



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

Con todo, es importante tener en cuenta que la participación iberoamericana en el total de la producción mundial para las tres TPG durante el periodo analizado continúa siendo modesta: las 59.605 publicaciones iberoamericanas en biotecnología y las 43.250 publicaciones en TIC representan el 7,41% y el 7,19% de la producción mundial en cada área estratégica, mientras que las publicaciones iberoamericanas en nanotecnología representan el 6,15%.

Analizaremos ahora la evolución de los países más productivos a nivel mundial en cada una de las TPG. El **Gráfico 3** muestra la evolución de las publicaciones científicas de los cinco países del mundo más productivos en el campo de la nanotecnología durante el período 2000-2013. Se puede observar que el liderazgo en la producción científica en nanotecnología lo tienen Estados Unidos y China, con valores muy por encima del resto. Estados Unidos comenzó el año 2000 con alrededor de 11.700 publicaciones y fueron registrados más de 32.000 documentos de autores estadounidenses en 2013. El fenómeno del crecimiento de la producción china es sumamente destacable, habiendo comenzado la serie en el cuarto lugar mundial con apenas 2.770 artículos publicados en 2000 para terminar desplazando desde 2012 a Estados Unidos del liderazgo en la producción científica en esta área, con un total de 37.870 artículos registrados en 2013.

El tercer y cuarto lugar lo ocupan Alemania y Japón respectivamente, registrando un crecimiento moderado. Es importante también destacar el quinto lugar ocupado por India que multiplicó su producción científica por 12,74, pasando de 707 registros en el año 2000 a 9.008 en 2013. Este país ocupa así un lugar destacado en esta temática, por encima de su presencia en otras áreas temáticas.

En el campo de la biotecnología (**Gráfico 4**), en cambio, se mantiene un claro liderazgo de autores de Estados Unidos totalizando 275.588 publicaciones durante el período 2000-2013, lo que representa el 34,26% de la producción mundial en esta área estratégica. China ocupa desde 2007 el segundo lugar del listado, destacándose notablemente del resto por su acelerado crecimiento: multiplica por más de 18 su producción entre puntas (pasa de 899 en el año 2000 a 17.046 registros en 2013). Como ya hemos notado, el explosivo crecimiento de la producción china no es un fenómeno exclusivo de la biotecnología, 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.

Es considerable la desaceleración de la producción científica de Japón en esta temática. Del segundo lugar en 2000 pasa al quinto en 2013, con una caída importante en el número de artículos publicados en SCI a partir de 2011. Alemania fue el país que desplazó desde 2012 a Japón del tercer lugar, alcanzando 6.139 documentos publicados en SCI en 2013. A pesar de este cambio de posiciones, a lo largo de todo el período el país asiático es responsable del 8,75% de la producción mundial y Alemania del 8,5%. Junto con Inglaterra, los tres países muestran un crecimiento moderado a lo largo de toda la serie.

Veamos ahora, por último el panorama que se aprecia en la producción científica en TIC a nivel mundial. La evolución de las publicaciones científicas de los cincos países más productivos muestra un claro liderazgo de Estados Unidos que, totalizando 161.803 registros durante el período 2000-2013, acapara más de la cuarta parte del total de la producción científica en este campo. Presenta, sin embargo, algunos altibajos significativos -el primero en 2002 y el segundo en 2010- aunque su tendencia general es claramente de expansión.

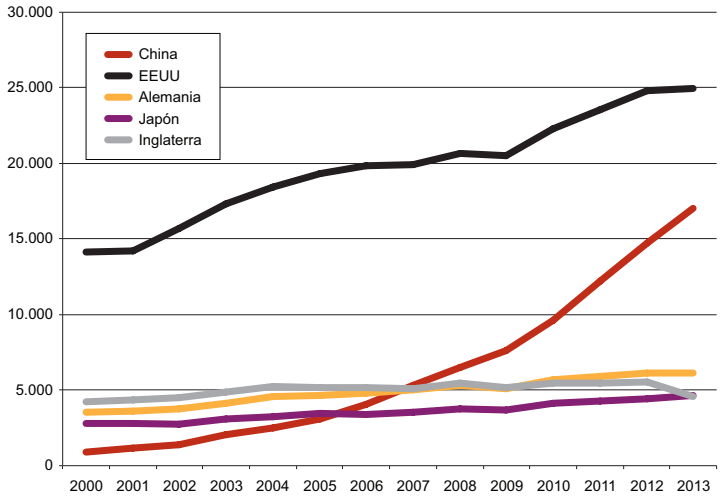
Una vez más, se destaca el crecimiento acelerado de China que multiplicó por 9.38 su producción entre puntas (pasando de 1.281 registros en el año 2000 a 12.014 en 2013) y aumentó su participación relativa en más de 15 puntos porcentuales (pasó del 4,3% en el año 2000 al 20,09% en 2013).

En el tercer y cuarto puesto aparecen Francia e Inglaterra, respectivamente. Estos países representan alrededor del 2% de la producción mundial acumulada durante el período estudiado y presentan un crecimiento sostenido en ambos casos.

Destaca fuertemente en esta área el quinto lugar ocupado por España, como único país iberoamericano presente entre los cinco más productivos a nivel mundial en todas las TPG analizadas. Este país registra un incremento muy importante de publicaciones en TIC, pasando de 666 documentos en 2000 a 3.428 en 2013, e insertándose en términos prácticamente equivalentes con los países que ocupan el tercer y cuarto lugar.

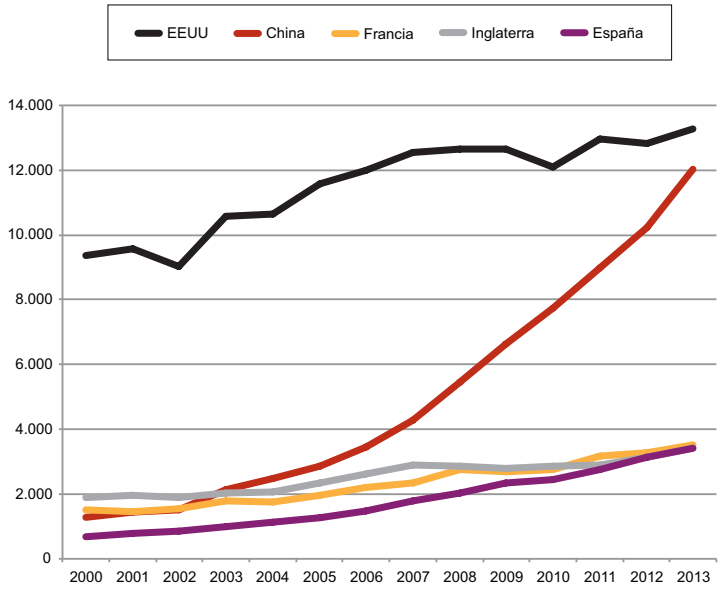
En resumen, Estados Unidos y China aparecen como los principales actores en todas las TPG. Si bien la posición de liderazgo de Estados Unidos es un fenómeno de larga data, se ve ahora desafiada por el crecimiento chino, que ya ha conseguido superar al país norteamericano en la

Gráfico 4. Producción científica en biotecnología en los cinco países principales



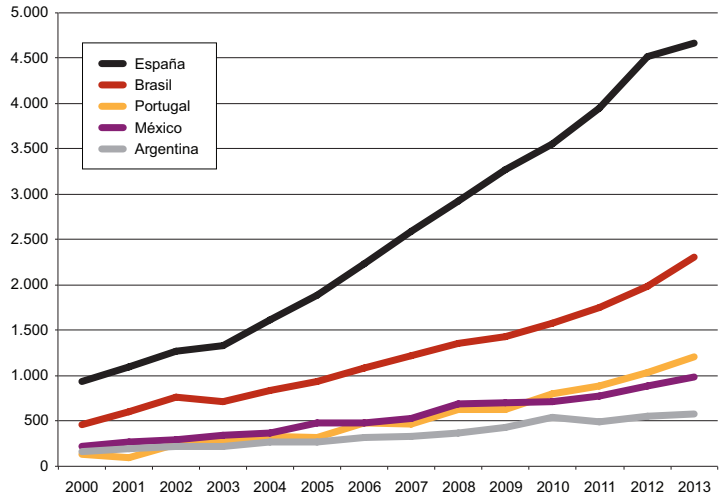
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

Gráfico 5. Producción científica en TIC en los cinco países principales



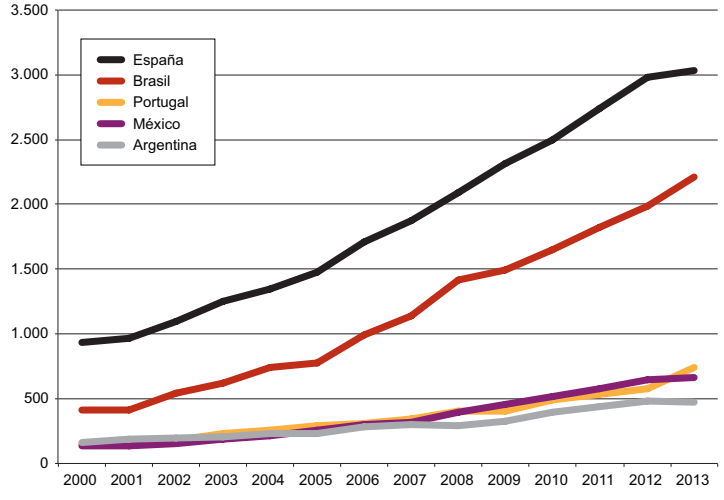
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

Gráfico 6. Producción científica en nanotecnología en los cinco principales países iberoamericanos



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

Gráfico 7. Producción científica en biotecnología en los cinco principales países iberoamericanos



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

producción científica en nanotecnología. En esta área es llamativa también la presencia de la India entre los cinco países más productivos, desplazando a Francia e Inglaterra.

La biotecnología, en cambio, presenta un panorama de actores más tradicional, con el liderazgo de Estados Unidos sobre China y la presencia de Inglaterra, Alemania y un menguante Japón. El caso de las TIC es similar, aunque aquí se destaca la aparición de España entre los cinco países más productivos a nivel mundial, mostrando un área de especialización clave del país ibérico.

Pasemos ahora a un análisis de los principales países iberoamericanos en cada una de las TPG analizadas en este estudio. Tomaremos aquí también en cada caso a los cinco países que acumulan mayor producción entre 2000 y 2012. En nanotecnología (**Gráfico 6**) el ranking de países con mayor producción científica registrada en SCI está compuesto por España, Brasil, México, Portugal y Argentina.

España mantiene un fuerte liderazgo en la región con una presencia que abarca casi la mitad de la producción científica en nanotecnología del bloque (49,08%), con un total de 35.834 publicaciones durante el período 2000-2013. El país ibérico también destaca por un crecimiento sostenido multiplicando por 5,02 su producción científica en este campo, pasando de 930 registros en el año 2000 a 4.669 en 2013.

En segundo lugar aparece Brasil que, al igual que España, ha multiplicado por 5.02 su producción científica en esta área estratégica y representa el 23,28% de la producción científica en Iberoamérica. En este sentido es importante señalar que la brecha con el resto de los otros países que completan el ranking de los cinco países más productivos es significativa, ya que México y Portugal cuentan con alrededor de la mitad del volumen de documentos generados por Brasil y Argentina ronda la cuarta parte.

Portugal, en el tercer lugar, es responsable del 10,25% de la producción total iberoamericana en nanotecnología, con un crecimiento de 807% entre puntas (pasando de 133 registros en el año 2000 a 1.206 en 2013). México ocupa el cuarto lugar, habiendo perdido terreno con respecto a Portugal, pasando de 220 documentos en 2000 (lo que representaba el tercer lugar ese año) a 989 en 2013. Argentina, por último, ocupa el quinto puesto del ranking con un

crecimiento relativo menor y con un aumento de su producción científica en nanotecnología de un 257%.

En el campo de la biotecnología el ranking iberoamericano muestra la misma composición de países (**Gráfico 7**). En este caso, España vuelve a liderar la producción científica iberoamericana en biotecnología al ser responsable del 44,12% de las publicaciones de la región durante el período analizado.

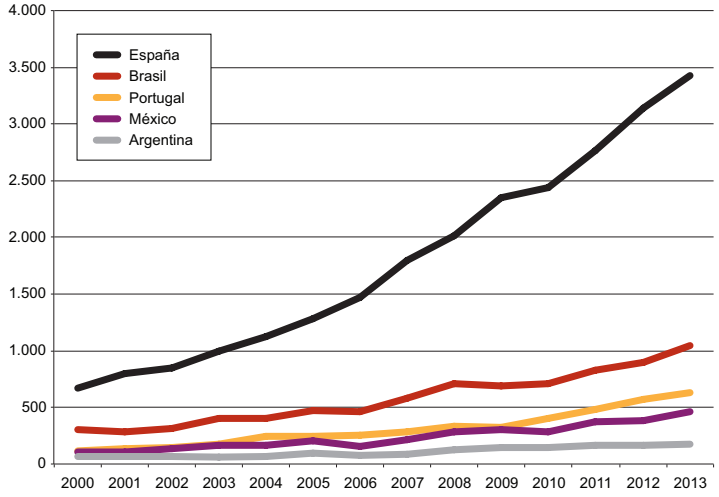
Sin embargo, este liderazgo es menos marcado que en el campo de la nanotecnología debido al impulso que ha tenido la producción científica de Brasil. Este país multiplicó por 5,31 sus valores iniciales pasando de representar en el 2000 el 21,8% de la producción científica iberoamericana en biotecnología al 30,23% en el 2013. España redujo su crecimiento relativo en 7,45 puntos porcentuales durante el período de referencia. Al mismo tiempo, Brasil vuelve a liderar la producción científica latinoamericana a lo largo de la serie ya que supera notablemente los volúmenes productivos de México y Argentina combinados. Portugal y México ocupan el tercer y cuarto puesto del ranking, alcanzando alrededor de 700 publicaciones en el año 2013. Finalmente, completa el ranking regional Argentina que pasó de 160 registros en el año 2000 a 477 en 2013.

Por último, el **Gráfico 8** muestra la evolución de la producción científica de los países iberoamericanos con más publicaciones en el campo de las TIC entre 2000 y 2013. Como era de prever por su destacado papel a nivel mundial, España lidera la región en todo el periodo y su producción equivale al 58,09% de la producción científica iberoamericana, con un total de 25.126 registros. Tiene asimismo un crecimiento fuertemente acelerado, multiplicando por 5,15 el volumen productivo del país desde el comienzo de la serie.

El segundo lugar es ocupado, una vez más, por Brasil. Este país latinoamericano es responsable de algo menos que la quinta parte (18,64%) de la producción científica en TIC de Iberoamérica y pasa de 303 artículos publicados en el año 2000 a 1.041 documentos en SCI en 2013. Sin embargo, en esta área la brecha con España es mucho mayor que en nanotecnología y biotecnología.

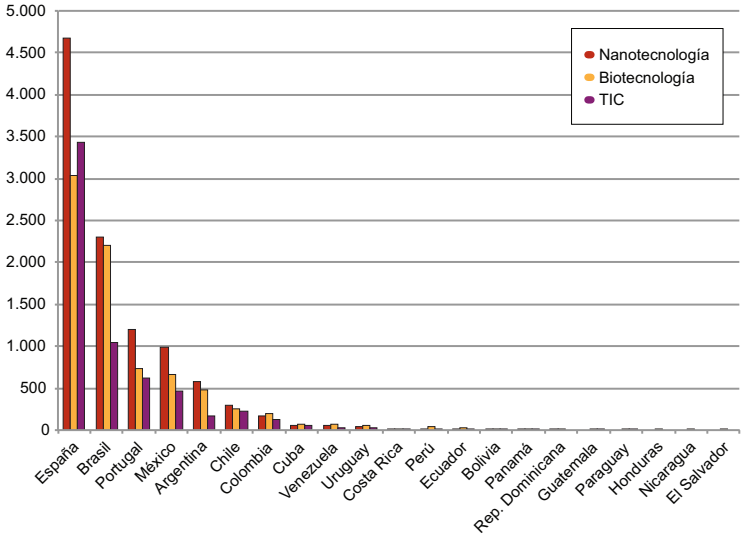
En tercer lugar aparece nuevamente Portugal, amplió su volumen productivo en un 450% finalizando el período en análisis con

Gráfico 8. Producción científica en TIC en los cinco principales países iberoamericanos



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

Gráfico 9. Producción científica de los países iberoamericanos por TPG (2013)



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

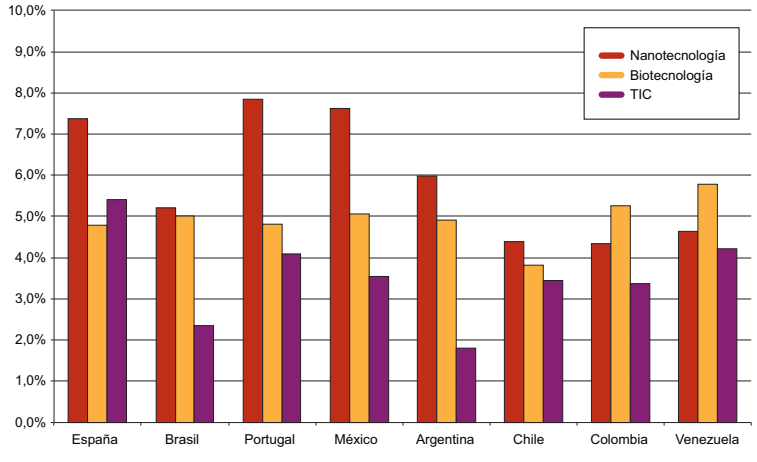
627 publicaciones. México aparece en el siguiente lugar, aunque con un ritmo de crecimiento menor al de Portugal, creciendo entre puntas un 334%. Por último aparece Argentina, que experimentó un crecimiento más moderado, del 165% desde 2000, y a una distancia considerable de México, con tan sólo 175 documentos en 2013. Se presenta así un campo en el que Argentina tiene un rendimiento, comparado a los otros países de la región, muy inferior al que se aprecia en nanotecnología y biotecnología.

En conjunto, el panorama de las TPG en Iberoamérica está liderado en todos los casos por España y Brasil, seguidos a cierta distancia por Portugal, México y Argentina. Existen pocas diferencia de este fenómeno entre las distintas TPG. El caso más destacable es de las TIC, terreno en el que al fuerte presencia de España contrasta con el bajo desempeño de Argentina. En el caso de la biotecnología también se observa una mayor presencia brasileña, acortando la distancia que se observa con España en las otras TPG.

El **Gráfico 9** permite completar el panorama regional observando la participación de cada país en el conjunto de la producción científica iberoamericana en cada TPG para el año 2013.

España destaca por su gran volumen de documentos publicados en estas tres áreas estratégicas en comparación al resto de la región. Cuenta con 4.386 artículos en nanotecnología, 3.030 en biotecnología y 3.428 en TIC. Si bien la nanotecnología es el área de mayor volumen –por su dimensión a nivel mundial- se puede observar que es el único país en el que las TIC están por encima de la biotecnología.

Gráfico 10. Producción por TPG en relación al total de publicaciones (2013)



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

Brasil cuenta con 2.146 publicaciones en nanotecnología, 2.208 en biotecnología y 1.041 en el campo de las TIC. En este caso, la biotecnología aparece como un campo privilegiado, siendo el único país en el que esta área tiene un peso mayor que las demás.

Si se ordena el grupo de países por cantidad de artículos, el tercer lugar lo ocupa Portugal con 1.126 artículos en nanotecnología, 740 en biotecnología y 627 en TIC. Tanto en volumen como en tamaño relativo de cada área, la producción de ese país se parece a la de México, que acumula 935 documentos en nanotecnología, 659 en biotecnología y 460 en TIC.

Argentina, en el quinto lugar, registra ese año 535 publicaciones sobre nanotecnología, 477 sobre biotecnología y 175 sobre TIC. En este país la producción en biotecnología es casi de la misma magnitud que en nanotecnología, mientras que -como se señalara anteriormente- las TIC tienen un volumen muy menor.

A estos cinco países iberoamericanos más productivos le siguen, en orden decreciente, Chile con 293 documentos en nanotecnología, 254 en biotecnología y 229 en TIC; Colombia con 168 documentos en nanotecnología, 203 en biotecnología y 130 en TIC; Cuba con 56 en nanotecnología, 70 en biotecnología y 51 en TIC; Venezuela con 56 en nanotecnología, 66 en biotecnología y 32 en TIC; y Uruguay con 41 en nanotecnología, 60 en biotecnología y 24 en TIC. El resto de países de la región registran, en cambio, menos de una veintena de artículos publicados en las tres áreas estratégicas.

Asimismo, si se observa la cantidad de documentos que un país produce en cada una de las tres temáticas en relación con el número total de sus publicaciones se obtiene una proporción que representa el nivel de especialización que ese país tiene en las áreas estratégicas que se están analizando. Los **Gráficos 10** y **11** muestran el peso que tiene cada TPG en relación al total de publicaciones de cada país, ordenados y divididos en dos grupos según la cantidad de publicaciones en SCI para el año 2013 para facilitar la visualización.

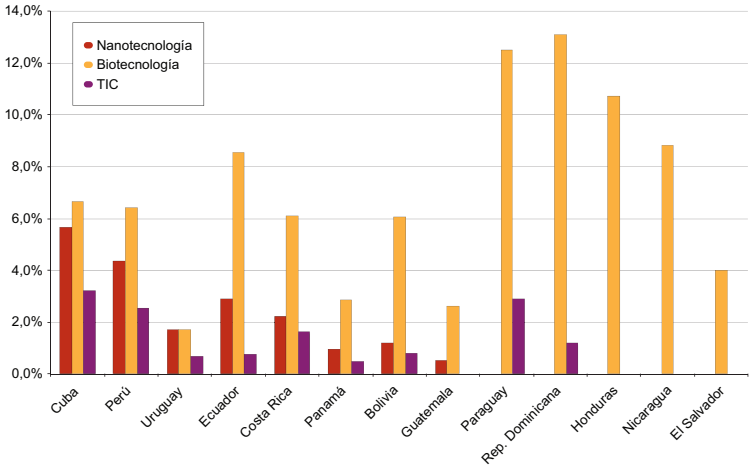
Uno de los fenómenos más estables se da con la biotecnología, que en la mayoría de los países ronda el 5% de la producción total. Excepciones son los casos de Chile, donde esa área representa menos del 4%, y Venezuela donde asciende a casi el 6%. Asimismo, en los países con menor cantidad de publicaciones (hasta 500 documentos en

SCI para el año 2013) se observa una mayor especialización en biotecnología.

La nanotecnología es, por el contrario un área que se presenta con más fuerza en los países de mayor desarrollo relativo. En España, Portugal y México acumula entre el 7% y el 8% de la producción total de los países, mientras que en Argentina alcanza el 6%. Es llamativo, sin embargo, el poco peso de esta tecnología en Brasil, donde sólo representa el 5% de su producción total. Al contrario de la biotecnología, a medida que el tamaño de la producción científica de los países decrece (reflejando sistemas de I+D más incipientes) el volumen de la producción en nanotecnología decrece hasta desaparecer por completo.

En TIC el panorama es muy variado, aunque se trata del área de menor tamaño en casi todos los países. La única excepción es la de España, donde tiene un peso mayor que la biotecnología. Sin embargo, y a pesar de ser el quinto país a nivel mundial en cuanto a su producción científica en TIC, con respecto a sus publicaciones totales el área está por debajo de la nanotecnología.

Gráfico 11. Producción por TPG en relación al total de publicaciones (2013) (Cont.)



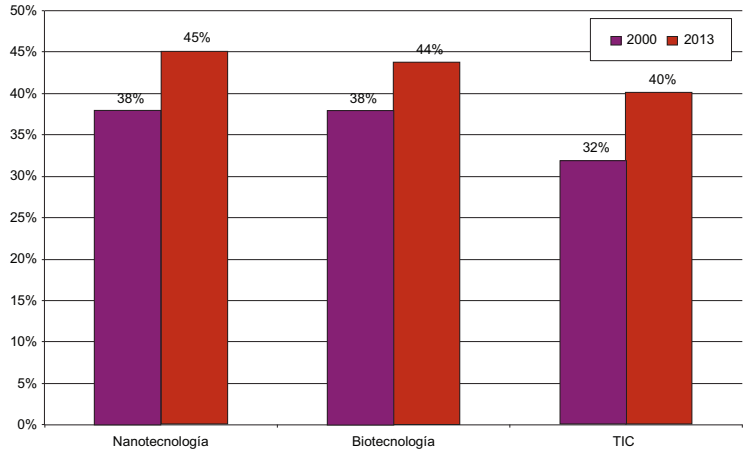
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

4. La 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 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.

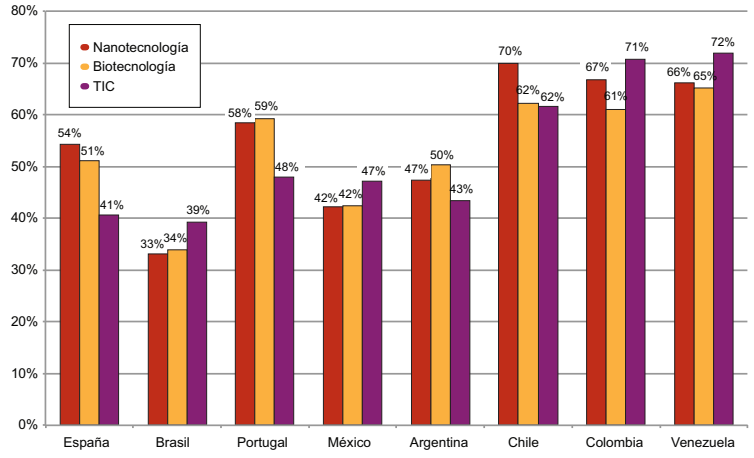
En los últimos años es posible observar un incremento sostenido en los niveles de colaboración en la firma conjunta de artículos científicos. Además, este proceso ha traspasado las fronteras y de la mano de las facilidades que otorgan las TIC para el trabajo a distancia y de políticas que la promueven, la colaboración internacional es un fenómeno cada vez más frecuente. Más aún, en países como los latinoamericanos donde en la mayoría de los casos se cuenta con sistemas científicos y tecnológicos pequeños o en consolidación, la colaboración internacional se vuelve una necesidad para el desarrollo de I+D de frontera.

Gráfico 12. Colaboración internacional por TPG



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

Gráfico 13. Colaboración internacional por país y TPG (2013)



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

El **Gráfico 12** presenta de manera comparada los niveles de cooperación internacional en las publicaciones iberoamericanas en cada TPG. Se considera que un artículo fue realizado en colaboración internacional cuando es firmado por instituciones de más de un país. Se hace foco en la situación al inicio y al fin de la serie analizada en este estudio: 2000 y 2013.

En las tres TPG aquí analizadas se observa un incremento de la colaboración internacional en la producción de conocimiento, que acompaña la expansión de este fenómeno en todas las áreas temáticas. La nanotecnología y la biotecnología tienen patrones muy similares, ambas con un 38% de artículos en colaboración internacional en 2000 y un 45% y 44% respectivamente en 2013. Las TIC, en cambio, presentan niveles de internacionalización menores. En 2000, el 32% de los artículos con participación de países iberoamericanos era firmado por más de un país, mientras que en 2013 el valor asciende al 40%.

Sin embargo, la intensidad de la cooperación internacional varía entre países. El **Gráfico 13** presenta los niveles de colaboración internacional de 2013 en cada TPG para los países iberoamericanos que registraron más de 1.000 artículos totales en SCI en ese año.

Coincidiendo con los datos antes presentados, la nanotecnología y la biotecnología tienen niveles de cooperación internacional similares en casi todos los casos. No es así en el caso de las TIC, donde existen algunas variaciones. En particular, España tiene un nivel de colaboración más bajo que en el resto de las TPG, mientras que Brasil presenta el fenómeno inverso.

Pueden identificarse patrones diferenciados también entre los países ibéricos y los latinoamericanos. En España y Portugal los niveles de colaboración internacional son altos, en el primero la nanotecnología y la biotecnología tienen más del 50% de colaboración internacional y en Portugal ese valor está cerca del 60%. En TIC, como se ha visto, los niveles son algo menores.

Una posible explicación para este fenómeno es la inserción de estos países en redes internacionales de la corriente principal de la ciencia, principalmente europeas. Desde hace muchos años existen intensas políticas de integración de la I+D entre los países de esa región para la conformación de un "espacio europeo de investigación" -por ejemplo mediante el financiamiento de grandes proyectos colaborativos- cuyos resultados quedan plasmados en estos datos.

Distinto es el caso de los países latinoamericanos. El gráfico muestra que a mayor tamaño de los sistemas de ciencia y tecnología de los países, menores los niveles de colaboración internacional. Esto puede estar relacionado con la necesidad de contar con socios extranjeros para el desarrollo de I+D en áreas de frontera como las TPG, donde además la disponibilidad de grandes equipamientos resulta crítica.

En cuanto a las temáticas, en la mayoría de los casos las TIC resultan las más colaborativas, mientras que en los países ibéricos resultaba a la inversa. Los niveles de colaboración en nanotecnología y biotecnología son bastante similares, con la excepción de Chile y Colombia, donde la primera tiene una internacionalización mayor.

La mencionada necesidad de colaboración internacional por parte de los países de menor desarrollo relativo pone en evidencia la importancia de la integración regional. Tengamos en cuenta que, si bien ha crecido de forma sostenida en la última década, la inversión total en I+D de todos los países latinoamericanos agregados es de tan sólo el 3,5% del total mundial. Al mismo tiempo, entre Brasil, México y Argentina suman más del 90% del esfuerzo latinoamericano en I+D. En ese contexto, la integración de los esfuerzos dentro de la región es tanto una oportunidad como una necesidad.

El **Gráfico 14** muestra el porcentaje de la producción científica en cada TPG que es realizada con la colaboración de dos o más países iberoamericanos. Vemos que se trata de una parte pequeña en el marco de la

colaboración internacional de la región. Sin embargo es un fenómeno que, si bien incipiente, ha crecido de forma considerable entre 2000 y 2013.

La colaboración iberoamericana en nanotecnología, como porcentaje de la producción regional en el área, se duplicó pasando de un 4% en 2000 a un 8% en 2013. En biotecnología re registra un crecimiento menor, aunque partiendo de un nivel algo más alto. En 2000 la colaboración regional en la firma de artículos registrados en SCI era del 6% del total y en 2013 del 7%. En TIC también se ha incrementado la colaboración iberoamericana, pasando del 3% al 6% en 2013.

En el **Gráfico 15** presentamos los niveles de colaboración iberoamericana para los países con más de 1.000 registros en SCI en 2013. Se observa con claridad que la colaboración regional es más importante en los países con sistemas de ciencia y tecnología de menor tamaño. Para España y Brasil, los líderes en ciencia y tecnología de la región, la colaboración con otros países iberoamericanos ronda el 10% en las tres áreas analizadas.

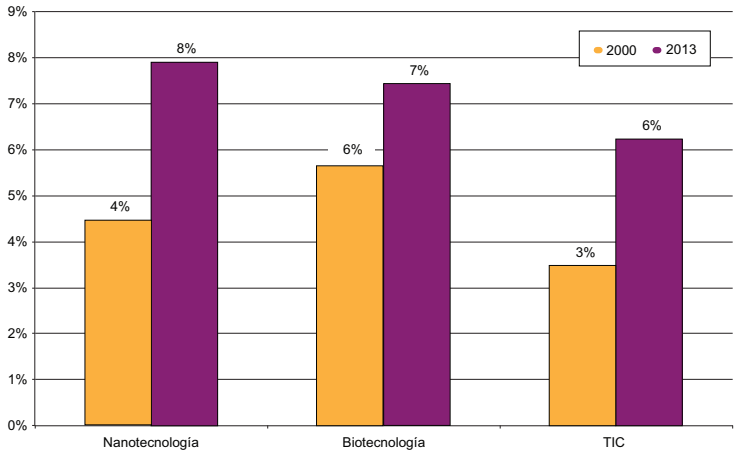
Una excepción puede ser el caso de Portugal en nanotecnología y biotecnología, ya que presenta un nivel algo más alto que México, pero que puede explicarse por la importancia de su asociatividad con España en I+D. Luego los niveles de colaboración iberoamericana aumentan, hasta estar cerca del 40% de la producción total en el caso de las TIC en Colombia y Venezuela y también la biotecnología en este último país.

5. Redes mundiales de colaboración científica

Para conocer con mayor detalle el comportamiento colaborativo de los países iberoamericanos en la producción de conocimiento, es interesante analizar pormenorizadamente la posición que ocupan en la investigación internacional en cada una de las TPG estudiadas. Para ello, utilizaremos técnicas de análisis de redes que nos permitirán reconstruir el entramado de las relaciones establecidas a partir de la firma conjunta de artículos científicos. Esta información relacional completa el panorama ya perfilado a lo largo de este informe.

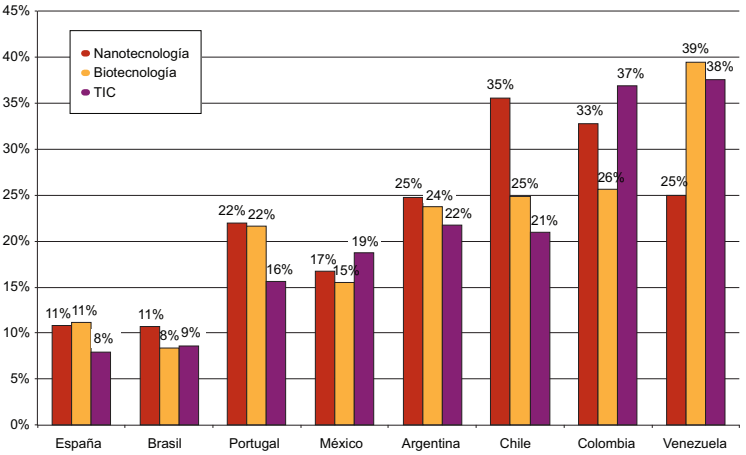
En los **Gráficos 16**, **17** y **18** se presentan las redes mundiales producidas por la copublicación de documentos en biotecnología,

Gráfico 14. Colaboración iberoamericana por TPG



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

Gráfico 15. Colaboración iberoamericana por país y TPG (2013)



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

nanotecnología y TIC, en el año 2013. Se han incorporado todos los países con al menos 10 publicaciones en ese año y se han resaltado en color violeta 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, mediante la aplicación de algoritmos que eliminan los lazos menos significativos de la red, dejan 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.

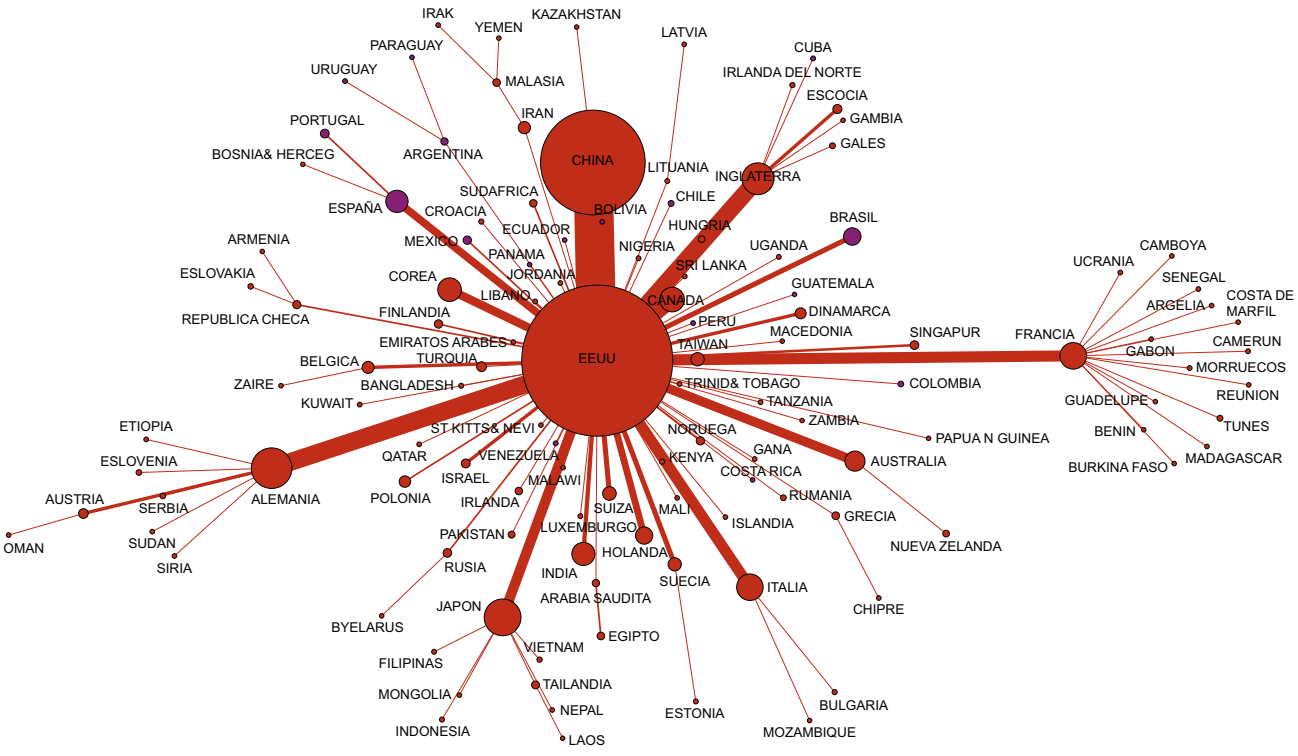
El resultado de estas técnicas de poda es el árbol de caminos mínimos (mínimum spanning tree o MST) de un grafo. En este caso se ha utilizado una implementación del algoritmo de Prim. En la representación gráfica, el grosor de los vínculos es proporcional a la intensidad de copublicación de los países que unen, así como el tamaño de los nodos al volumen de su producción.

Tal como puede observarse en los tres gráficos, los países que articulan a nivel mundial las redes son los de mayor tradición científica y volumen de producción. En particular se centran en Estados Unidos. De hecho, las tres redes presentan una estructura centralizada en forma de estrella siendo Estados Unidos el principal país articulador. Este país a su vez presenta en las tres áreas de publicación un gran volumen de producción científica.

Con ese país norteamericano en el centro, se conectan otras naciones de importante tradición científica, a saber, Alemania, Francia, Japón, Inglaterra, España, las cuales a su vez articulan redes periféricas. Las redes que se ensamblan alrededor de los países centrales responden a diferentes lógicas que se articulan entre sí, podría decirse que las mismas reproducen la historia colonial, cultural e idiomática a nivel mundial.

China presenta un caso particular, si bien tiene un gran volumen de producción científica (mayor que el de EEUU en nanotecnología) no logra articular aún redes extensas de colaboración con otros países, demostrando un comportamiento de tipo cerrado en términos de colaboración. Este fenómeno pareciera darse de forma diferencial según el tipo de producción científica, ya que se presenta de manera menos marcada en el caso de la red de colaboración en materia de TIC.

Grafico 16. Red de colaboración en biotecnología (2013)



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

Grafico 17. Red de colaboración en nanotecnología (2013)

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

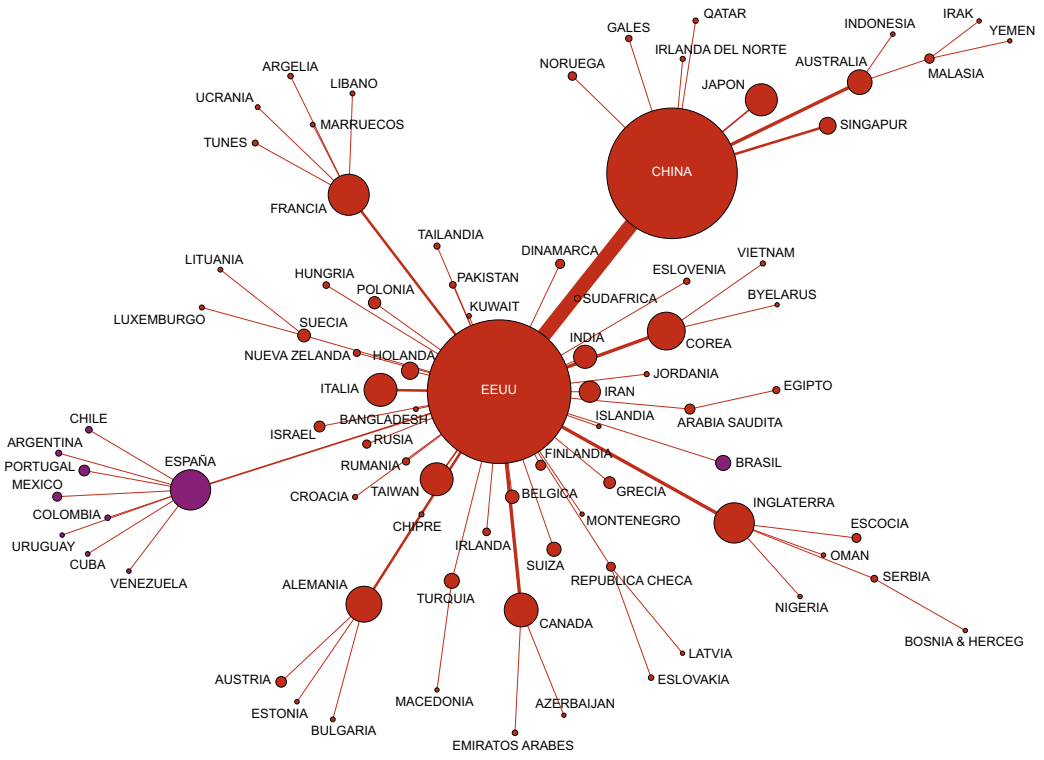
Al observar la disposición de los países iberoamericanos dentro de las redes mundiales podemos señalar que su presencia y cohesión varían de un área a otra. En el caso de la red de colaboración en biotecnología estos países se muestran muy dispersos y relacionados mayormente de forma directa con EEUU. Por otro lado, en la red de colaboración en nanotecnología hay un panorama intermedio, puede observarse cómo Portugal, Argentina, Costa Rica, Chile y Cuba se aferran a la red mundial a través de su vínculo directo con España. Por último en el caso de la red de colaboración en TIC, quizás por el fuerte peso de España en el tema, los países iberoamericanos se muestran muy agrupados detrás de este país, mostrando una clara vinculación regional.

El caso de Brasil representa una excepción al comportamiento regional comentado anteriormente. Puede observarse en las tres redes como este país siempre aparece desligado de la región, relacionándose directamente con Estados Unidos.

Considerando el tamaño de los nodos podemos una vez más comparar la importancia de los países iberoamericanos que componen cada una de las redes en términos de volúmenes de producción científica. Si bien la mayoría de los países iberoamericanos se encuentran bastante por debajo del nivel de producción de los países centrales es posible resaltar los casos de España y Brasil en términos de producción. Mientras que el primero llega a explicar el 4,4% de la producción mundial en TIC, el segundo logra alcanzar un porcentaje llamativo en el caso de la producción en biotecnología, con el 2% de la producción mundial.

Sin embargo, tal como lo hemos adelantado, Brasil no ha logrado entablar lazos fuertes con la región tal como lo ha hecho España. Este fenómeno puede tener explicaciones históricas, idiomáticas e incluso de políticas explícitas de vinculación por parte de España con los países hispanoparlantes.

Grafico 18. Red de colaboración en TIC (2013)



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

6. La colaboración iberoamericana en las TPG

En el apartado anterior, mostrando la posición de los países iberoamericanos en la red mundial de colaboración científica, se ofrecían las primeras evidencias sobre la cohesión regional. Para profundizar, a continuación llevamos a cabo un análisis descriptivo de la cohesión de las redes de colaboración entre países iberoamericanos en las áreas de nanotecnología, biotecnología y TIC.

En primer lugar se analiza la densidad que presenta cada una de las redes. Ese indicador nos brindará un panorama acerca del grado de integración de la región. La densidad se calcula en función del número de nodos, en este caso países, que componen una estructura de red y el número de lazos presentes entre los mismos. El carácter proporcional del valor que asume la densidad nos posibilita asumir que una estructura tenderá a ser más densa a medida que se acerque al valor máximo, el cual se encontraría representado por la proporción 1.0. Por lo tanto, a medida que los valores del índice de densidad se acercan a 1 la red puede interpretarse como una comunidad integrada y cohesionada.

La lectura de los datos nos permite señalar que la comunidad científica iberoamericana se encuentra más cohesionada en 2013 que en el año 2000. Las tres redes de colaboración científica entre países demuestran un salto a lo largo del periodo mencionado en términos de cohesión, lo que indicaría una tendencia hacia la integración regional. Al comparar los índices de densidad de las redes se observa que los valores se han incrementado para los tres casos, siendo las redes de nanotecnología y biotecnología las que han mostrado el salto más importante.

Los gráficos 19, 20 y 21 nos muestran la evolución de las tres redes de colaboración en términos de densidad a lo largo del periodo 2000-2013, medido sobre el eje derecho de los gráficos. Las columnas muestran el número de países que conformaban las redes iberoamericanas en cada año, valor que se refleja sobre el eje izquierdo de cada gráfico.

Tal como se puede observar en el **Grafico 19**, la red de colaboración científica en biotecnología durante el periodo bajo estudio ha aumentado dos veces su valor, pasando de un índice de densidad de 0,19 en el año 2000 a uno de 0,42 para 2013.

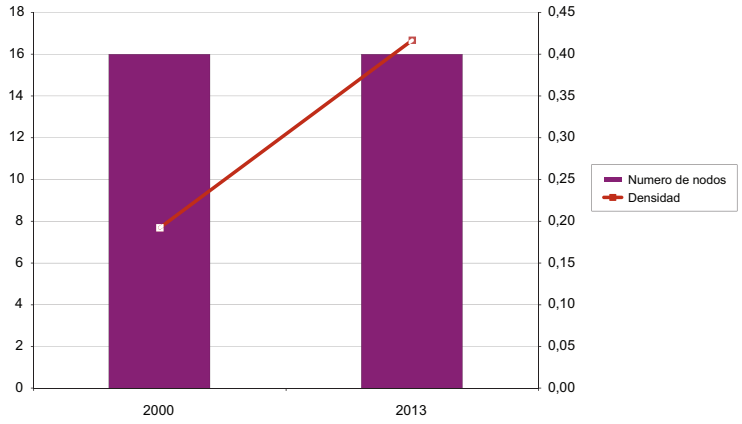
Por su parte, la red de nanotecnología demuestra un aumento en su cohesión apenas por debajo del caso anterior. Mientras que en el año 2000 esta red presentaba una densidad de 0,27 en 2013 dicho valor asciende a un 0,45 (**Grafico 20**). Por último, la red de colaboración en TIC, aunque en menor medida que lo hacen las redes de nano y biotecnología, también exhibe un incremento en su cohesión a lo largo del periodo bajo análisis. A partir del **Grafico 21** podemos apreciar que entre los años 2000 y 2013 esta red aumenta una vez y media el valor de su densidad.

Más allá de los incrementos en la cohesión presentados por las redes en el periodo analizado, al comparar los índices de densidad entre las mismas podemos señalar que la red de colaboración en materia de biotecnología es la más integrada de las tres. En el año 2013 el 45% de las relaciones posibles se encontraban presentes en la red de biotecnología, mientras que dicho porcentaje para los casos de las redes de nanotecnología y TIC descienden a un 42 y un 37 por ciento respectivamente.

Otra forma de analizar la integración de las redes de colaboración es observar de qué manera se distribuyen las relaciones al interior de cada una de las mismas. De esta manera podemos conocer si la cohesión de una red depende de unos pocos actores centrales o si por el contrario las relaciones se encuentran distribuidas de manera más equitativa entre todos los actores hacia dentro de la red. Para ello utilizamos como indicador la centralización basada en el grado (numero de lazos de cada nodo), la cual mide el nivel en que la centralidad del actor más central sobrepasa a la centralidad del resto de los actores.

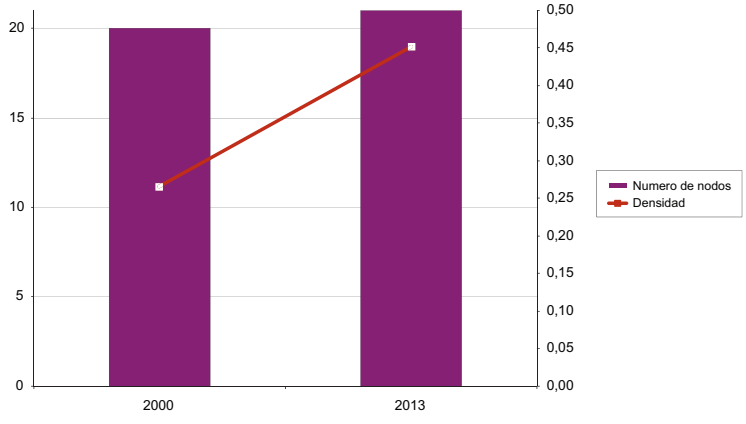
La **Tabla 1** nos permite comparar el grado de centralización presentado en porcentajes de cada una de las tres redes de colaboración entre países iberoamericanos para los años 2000 y 2013. Para el año 2013 la red de colaboración científica en TIC es la que presenta una mayor centralización con casi un 65%. Asimismo, en términos comparados, esta red es la que demuestra el salto más significativo en su porcentaje de centralización entre los años 2000 y 2013, mostrando un incremento de más de veintiocho puntos porcentuales. Es decir que a lo largo la del periodo la red de colaboración en TIC se ha centralizado alrededor de unos pocos países.

Grafico 19. Densidad de la red iberoamericana en biotecnología



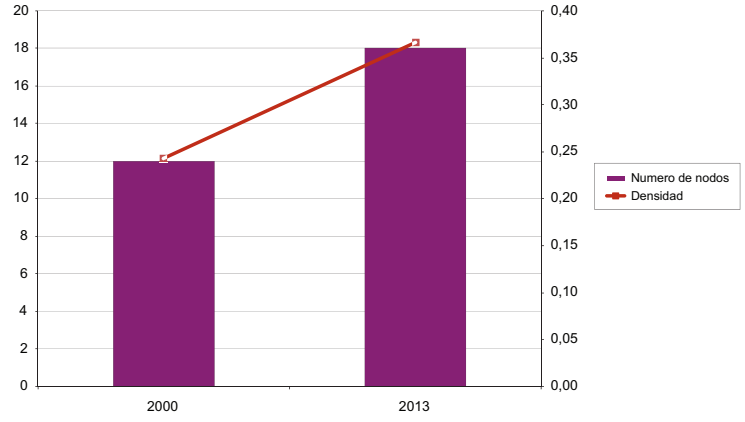
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

Grafico 20. Densidad de la red iberoamericana en nanotecnología



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

Grafico 21. Densidad de la red iberoamericana en TIC



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

Por su parte, la red de colaboración en nanotecnología ha demostrado una tendencia similar aunque lo ha hecho en menor intensidad que la red de TIC. Para el año 2013 presenta un grado de centralización de alrededor del 59 por ciento, mostrando un incremento con respecto al año 2000 de veinte puntos porcentuales.

Es decir que a lo largo del periodo se ha dado una pérdida de la centralidad de algunos países clave dentro de la red, pasando a una distribución de las relaciones más equilibrada.

Tabla 1. Grado de centralización de las redes de colaboración iberoamericanas

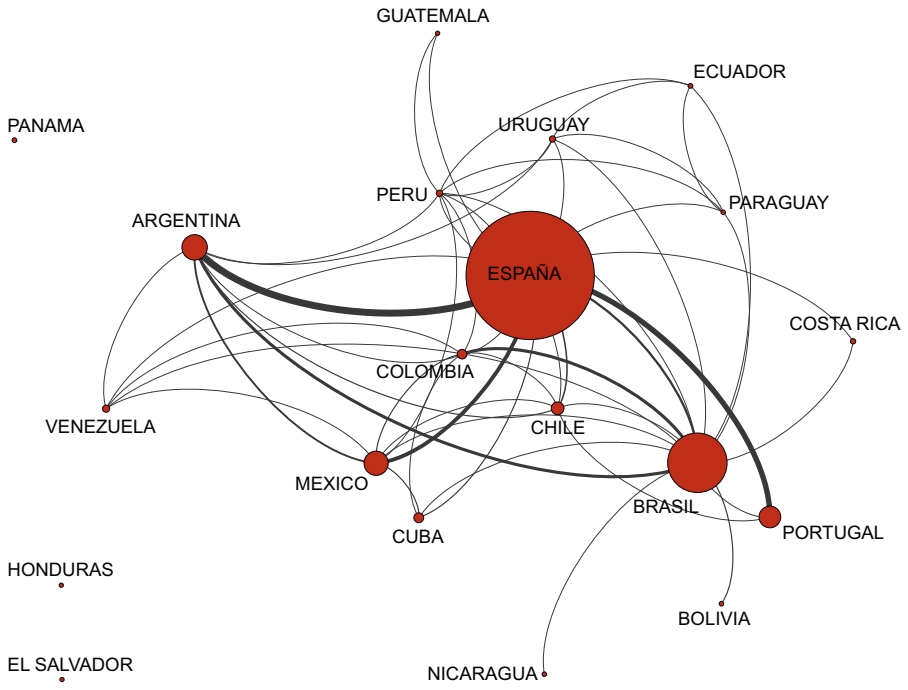
Área	Años	
	2000	2013
Biotecnología	57,89%	49,47%
Nanotecnología	39,05%	59,05%
TIC	36,36%	64,71%

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

Por último, si bien la red en biotecnología ha demostrado ser la más integrada en términos de densidad la misma es la menos centralizada de las tres redes de colaboración. Para el año 2013 presenta un nivel de centralización de aproximadamente 50%, lo que implica un descenso de casi nueve puntos porcentuales con respecto al año 2000.

El análisis de las posiciones que ocupa cada uno de los países dentro de las redes se complementa con la descripción estructural presentada anteriormente. De esta manera el estudio de las posiciones nos permite conocer con mayor detalle las características de las relacione colaborativas entre los países. A continuación se analizan

Grafico 22. Red de países iberoamericanos en Biotecnología (2000)



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

comparativamente para cada TPG estudiada las redes iberoamericanas de colaboración en 2000 y 2013.

6.1 Biotecnología

El **Grafico 22** representa la red de colaboración científica en materia de biotecnología entre países iberoamericana para el año 2000. Los nodos representan a cada uno de los países, el tamaño de los mismos simboliza el número de publicaciones que presenta cada país. Las líneas que los conectan representan los lazos de colaboración entre los mismos mientras que el grosor de dichas líneas simboliza la intensidad del lazo, es decir el número de publicaciones que los países tienen en común.

Para el año 2000 diecisiete de los veinte países iberoamericanos que registran producción científica en biotecnología se encuentran conectados a la red de colaboración, los tres restantes representan componentes aislados, es decir que dentro de su producción científica no poseen vinculación con el resto de los países iberoamericanos.

La **Tabla 2** presenta de forma comparada entre los años 2000 y 2013 el porcentaje de participación en la producción científica en materia de biotecnología de los países que conforman la red, es decir el peso que la producción de cada país tiene sobre el total de producción de la región. Asimismo se presenta la centralidad de grado que asume cada uno de los países. Esta última representa al indicador de centralidad más común dentro del análisis de redes. El mismo se calcula a partir del número de conexiones directas que presenta cada país, es decir el número de países con los cuales colabora. En este caso dicho valor se expresa normalizado por la cantidad total de relaciones posibles.

Al año 2000 puede observarse que España y Brasil representan actores importantes tanto en términos de producción científica como de conexiones. Mientras que España era responsable de poco más del 46% de la producción iberoamericana Brasil producía aproximadamente el 20% de la misma. Tal como se mencionó estos países también representaban a los actores más centrales para dicho año ocupando Brasil el primer puesto con 0,79 en su centralidad de grado y España el segundo lugar con un valor de 0,68 (**Tabla 2**).

Tabla 2. Grado normalizado y participación en la producción en biotecnología

País	Participación en la producción iberoamericana (2000)	Grado (2000)	Participación en la producción iberoamericana (2013)	Grado (2013)
ESPAÑA	46,03%	0,68	41,48%	0,80
BRASIL	20,50%	0,79	30,23%	0,90
ARGENTINA	7,89%	0,42	6,53%	0,70
MEXICO	7,44%	0,37	9,02%	0,80
PORTUGAL	6,51%	0,16	10,13%	0,40
CHILE	3,20%	0,37	3,48%	0,60
CUBA	2,12%	0,21	0,96%	0,50
COLOMBIA	2,02%	0,42	2,78%	0,75
VENEZUELA	1,13%	0,26	0,90%	0,50
PERU	0,79%	0,53	0,60%	0,45
URUGUAY	0,79%	0,32	0,82%	0,55
COSTA RICA	0,44%	0,11	0,21%	0,40
ECUADOR	0,25%	0,21	0,41%	0,45
PANAMA	0,25%	0,00	0,21%	0,35
BOLIVIA	0,20%	0,05	0,16%	0,25
PARAGUAY	0,15%	0,26	0,15%	0,25
NICARAGUA	0,15%	0,05	0,08%	0,10
GUATEMALA	0,05%	0,11	0,18%	0,20
EL SALVADOR	0,05%	0,00	0,03%	0,15
HONDURAS	0,05%	0,00	0,12%	0,35
REP DOMINICANA	0,00%	0,00	0,07%	0,05

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

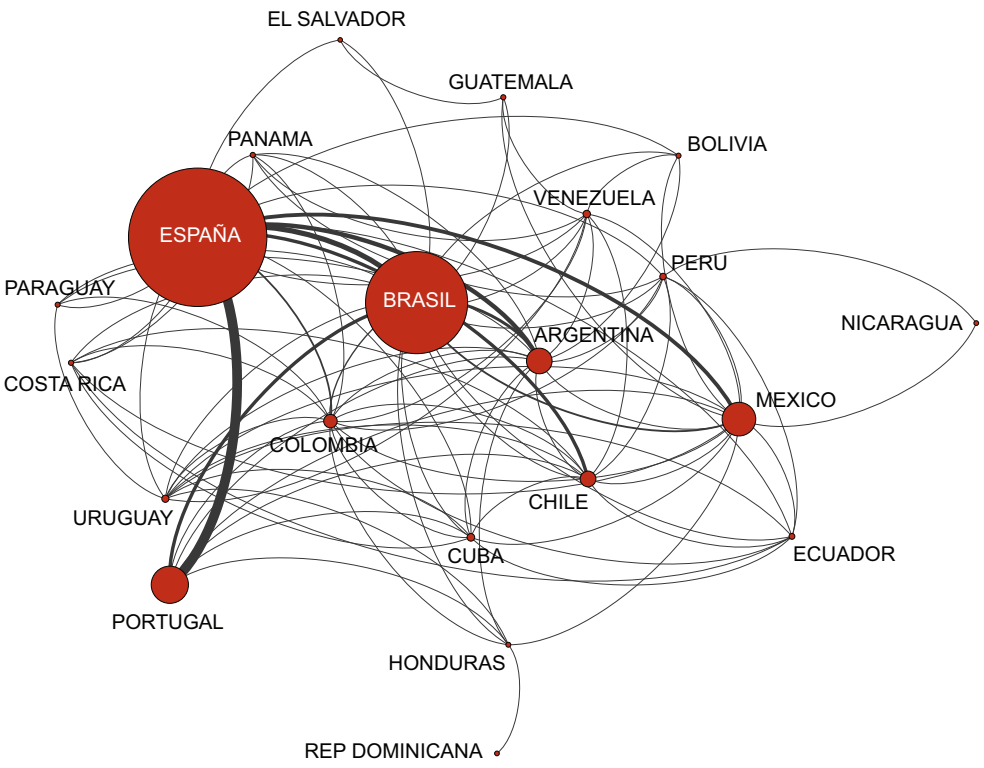
Al observar la red iberoamericana de biotecnología en el año 2013 (**Gráfico 23**) podemos señalar su evolución con respecto al año 2000. La red ya no presenta componentes aislados, es decir que todos los países que registran producción científica en biotecnología colaboran con al menos un país iberoamericano.

Si bien las relaciones al interior de la red se han complejizado, Brasil y España (los dos actores centrales en el año 2000) no solo han sostenido su posición de privilegio sino que su centralidad se ha incrementado. Hacia el año 2013 sus valores de centralidad de grado hacienden a un 0,90 y 0,80 respectivamente. Asimismo, el porcentaje de producción de estos dos países continua siendo el más alto de la región. Mientras que Brasil ha incrementado su proporción de participación de un 20,50% a un 30,23%, el porcentaje de España ha decrecido en casi ocho puntos durante el periodo. Sin embargo España continua estando por encima de Brasil explicando aproximadamente el 42% de la producción total de la región (Tabla 2).

Por otro lado podemos señalar que otros actores se han perfilado mejor en sus relaciones hacia el año 2013. Puede observarse que México y Colombia han ganado presencia en la red en términos de centralidad, presentando un grado de 0,80 y 0,75 respectivamente. Sin embargo su porcentaje de participación no ha demostrado un incremento significativo durante el período.
Si bien presentan porcentajes de centralidad de grado menores al de los casos mencionados anteriormente, la gran mayoría de los países han registrado saltos significativos en su centralidad a lo largo del periodo. Esta participación activa de la mayoría de los países en términos de conexiones es la que explica la caída del porcentaje de centralización de la red de colaboración en biotecnología mencionado anteriormente, lo que indicaría una tendencia hacia la democratización en la distribución de las relaciones dentro de la red.

Otra manera de analizar la centralidad de los países en las redes de colaboración es a través de su grado de intermediación. Este indicador considera que los actores más centrales son aquellos que, debido a su ubicación en la red, actúan como puentes conectores entre el mayor número de actores posibles y por lo tanto poseen un mejor acceso a los canales de trasmisión de recursos, es decir que ocuparán una posición favorable en la medida que se encuentran ubicados entre los caminos geodésicos de otros pares de nodos en la estructura.

Grafico 23. Red de países iberoamericanos en Biotecnología (2013)



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

Tabla 3. Intermediación y participación en la producción en biotecnología

País	Participación en la producción iberoamericana (2000)	Intermediación (2000)	Participación en la producción iberoamericana (2013)	Intermediación (2013)
ESPAÑA	46,03%	0,13	41,48%	0,08
BRASIL	20,50%	0,29	30,23%	0,15
ARGENTINA	7,89%	0,01	6,53%	0,05
MEXICO	7,44%	0,01	9,02%	0,14
PORTUGAL	6,51%	0,00	10,13%	0,01
CHILE	3,20%	0,01	3,48%	0,01
CUBA	2,12%	0,00	0,96%	0,01
COLOMBIA	2,02%	0,01	2,78%	0,05
VENEZUELA	1,13%	0,00	0,90%	0,02
PERU	0,79%	0,05	0,60%	0,03
URUGUAY	0,79%	0,01	0,82%	0,02
COSTA RICA	0,44%	0,00	0,21%	0,00
ECUADOR	0,25%	0,00	0,41%	0,00
PANAMA	0,25%	0,00	0,21%	0,00
BOLIVIA	0,20%	0,00	0,16%	0,00
PARAGUAY	0,15%	0,00	0,15%	0,00
NICARAGUA	0,15%	0,00	0,08%	0,00
GUATEMALA	0,05%	0,00	0,18%	0,01
EL SALVADOR	0,05%	0,00	0,03%	0,00
HONDURAS	0,05%	0,00	0,12%	0,10
REP DOMINICANA	0,00%	0,00	0,07%	0,00

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

La **Tabla 3** muestra la evolución en los grados de intermediación de los países iberoamericanos imbricados en la red de biotecnología entre los años 2000 y 2013. Brasil, si bien ha perdido algo de terreno en materia de intermediación durante el periodo, representa al actor más central en ambos años, seguido por México el cual, por su parte, ha demostrado un incremento notable en su grado de intermediación a lo largo del período. Estos países son los que se encuentran en mejores condiciones de controlar los flujos de información que transitan a través de la red de colaboración en biotecnología.

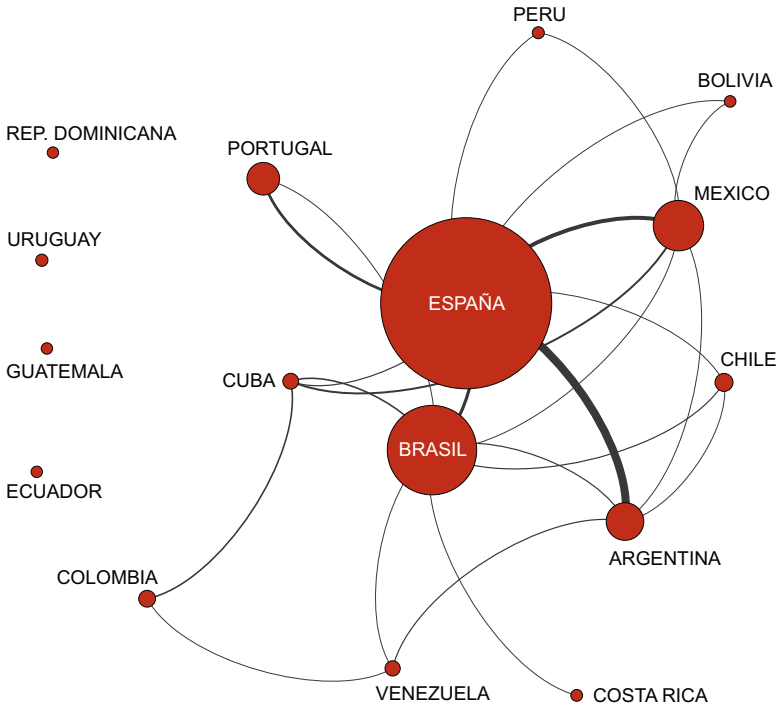
Por último resulta interesante notar el caso de España, que en el año 2000 perfilaba junto con Brasil como el segundo actor con mayor centralidad, para el año 2013 ha registrado un descenso notable en su grado de intermediación, pasando de 0,13 a 0,08.

6.2 Nanotecnología

En el año 2000 eran dieciséis los países iberoamericanos que presentaban producción científica en materia de nanotecnología, de los cuales 12 se encontraban interconectados a la red de colaboración. Los cuatro países restantes a saber, Republica Dominicana, Ecuador, Guatemala y Uruguay, si bien presentaban producción ninguno de ellos colaboraba con el resto de los países de la región. En este sentido estos cuatro países representan los elementos aislados de la red, los cuales pueden observarse en el **Grafico 24**.

Tres países lideraban la producción científica en el año 2000, en primer lugar España con el casi el 41% de la producción iberoamericana, en segundo Brasil con poco más del 20% y tercero México con aproximadamente el 10%, tal como puede apreciarse en la **Tabla 4**. Asimismo estos países representan a los actores más centrales en términos de su número de conexiones. Al observar los valores de centralidad de grado podemos señalar que España y Brasil representan a los actores más centrales con un valor de 0,53 cada uno seguidos por México con un grado de 0,40.

Grafico 24. Red de países iberoamericanos en nanotecnología (2000)



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

Tabla 4. Grado normalizado y participación en la producción en nanotecnología

País	Participación en la producción iberoamericana (2000)	Grado (2000)	Participación en la producción iberoamericana (2013)	Grado (2013)
ESPAÑA	40,83%	0,53	45,59%	0,80
BRASIL	19,98%	0,53	22,31%	0,93
MEXICO	10,02%	0,40	9,72%	0,53
ARGENTINA	6,75%	0,33	5,56%	0,73
PORTUGAL	5,47%	0,13	11,70%	0,53
CHILE	1,74%	0,20	3,05%	0,73
COLOMBIA	1,43%	0,13	1,75%	0,47
CUBA	1,18%	0,27	0,58%	0,40
VENEZUELA	1,02%	0,20	0,58%	0,33
URUGUAY	0,26%	0,00	0,43%	0,33
PERU	0,20%	0,13	0,16%	0,27
COSTA RICA	0,15%	0,07	0,16%	0,13
BOLIVIA	0,10%	0,13	0,04%	0,20
REP DOMINICANA	0,05%	0,00	0,01%	0,07
ECUADOR	0,05%	0,00	0,11%	0,13
GUATEMALA	0,05%	0,00	0,01%	0,00
PANAMA	0,00%	0,00	0,03%	0,07

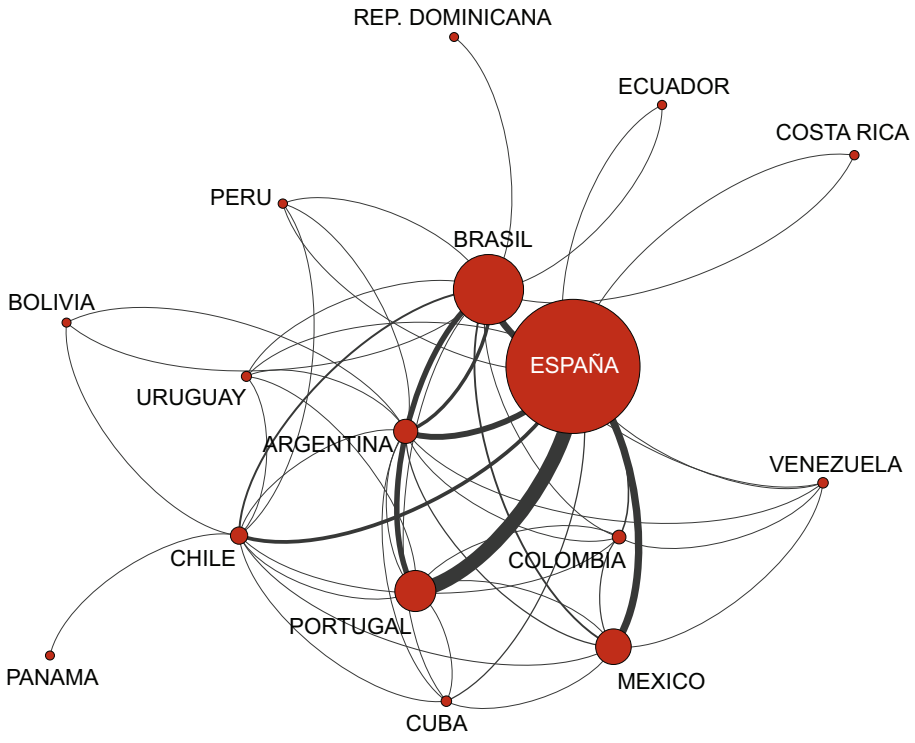
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.

A partir del Grafico 25 podemos señalar que hacia el año 2013 la red de colaboración entre países en nanotecnología presenta algunos cambios. Ya no hay elementos aislados, los dieciséis países forman parte de la red, todos poseen al menos una publicación compartida con algún país iberoamericano. A partir de la Tabla 4 podemos señalar que en materia de publicaciones España y Brasil continúan siendo lideres en la región, con casi el 45% del total regional para el primero y 22% para el segundo. En este panorama México ha perdido el tercer puesto ante Portugal el cual ahora se perfila con el 11,7%.

Recordando que la red de nanotecnología ha demostrado una evolución tendiente hacia la centralización consideremos ahora los países que ocupan las posiciones más centrales en términos de su grado o número de conexiones. Claramente se puede ver que Brasil y España, con valores de 0,93 y 0,80 respectivamente en su centralidad de grado, continúan hacia el año 2013 manteniendo posiciones privilegiadas en la red de colaboración. Por otro lado vale resaltar que Argentina y Chile, dos países cuya producción científica no presenta una proporción considerable sobre la producción total de Iberoamérica, se han perfilado como actores centrales ocupando el tercer puesto con valores de 0,73 cada uno.

En cuanto a la intermediación de los actores, en la Tabla 5 podemos observar que al año 2013 tres países se perfilan como actores centrales. Primero se encuentra el caso de Brasil, presentando un grado de intermediación de 0,31, este representa al actor con mayor centralidad de intermediación. Su ubicación privilegiada en la red le permite acceder a los flujos de información con una potencialidad para el manejo y control de los mismos. En segundo lugar se encuentra Chile, el cual demuestra un gran posicionamiento con respecto al año 2000. Este país ha pasado de la periferia de la red en términos de intermediación a ocupar un lugar central hacia 2013. En tercer lugar se posiciona España, país que si bien demuestra un pequeño descenso con respecto al año 2000 aun logra estar entre los actores más centrales.

Grafico 25. Red de países iberoamericanos en nanotecnología (2013)



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

Tabla 5. Intermediación y participación en la producción en nanotecnología

País	Participación en la producción iberoamericana (2000)	Intermediación (2000)	Participación en la producción iberoamericana (2013)	Intermediación (2013)
ESPAÑA	40,83%	0,14	45,59%	0,13
BRASIL	19,98%	0,18	22,31%	0,31
MEXICO	10,02%	0,07	9,72%	0,01
ARGENTINA	6,75%	0,03	5,56%	0,0
PORTUGAL	5,47%	0,00	11,70%	0,01
CHILE	1,74%	0,00	3,05%	0,18
COLOMBIA	1,43%	0,01	1,75%	0,01
CUBA	1,18%	0,06	0,58%	0,00
VENEZUELA	1,02%	0,03	0,58%	0,00
URUGUAY	0,26%	0,00	0,43%	0,00
PERU	0,20%	0,00	0,16%	0,00
COSTA RICA	0,15%	0,00	0,16%	0,00
BOLIVIA	0,10%	0,00	0,04%	0,00
REP DOMINICANA	0,05%	0,00	0,01%	0,00
ECUADOR	0,05%	0,00	0,11%	0,00
GUATEMALA	0,05%	0,00	0,01%	0,00
PANAMA	0,00%	0,00	0,03%	0,00

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

6.3 TIC

El **Gráfico 26** nos muestra la red de colaboración científica entre países iberoamericanos en TIC. La misma se encontraba compuesta por doce países de los cuales diez se hallaban integrados a la red, es decir que colaboraban con al menos otro país iberoamericano.

Tal como se puede observar en la **Tabla 6**, España era en el año 2000 el país más importante en términos de producción, el mismo explicaba la mitad de la producción iberoamericana en TIC. En segundo lugar se encontraba Brasil el cual producía casi el 23% del total.

Con respecto a la centralidad de grado en el año 2000 España y Brasil ocupaban las primeras posiciones con un valor de 0,55 cada uno. Asimismo podemos mencionar que, si bien bastante por debajo de los casos de España y Brasil, cinco países presentan centralidad de grado intermedia. Este es el caso de Chile, Venezuela (con valores de 0,36), Portugal, México y Argentina (con grados de 0,27).

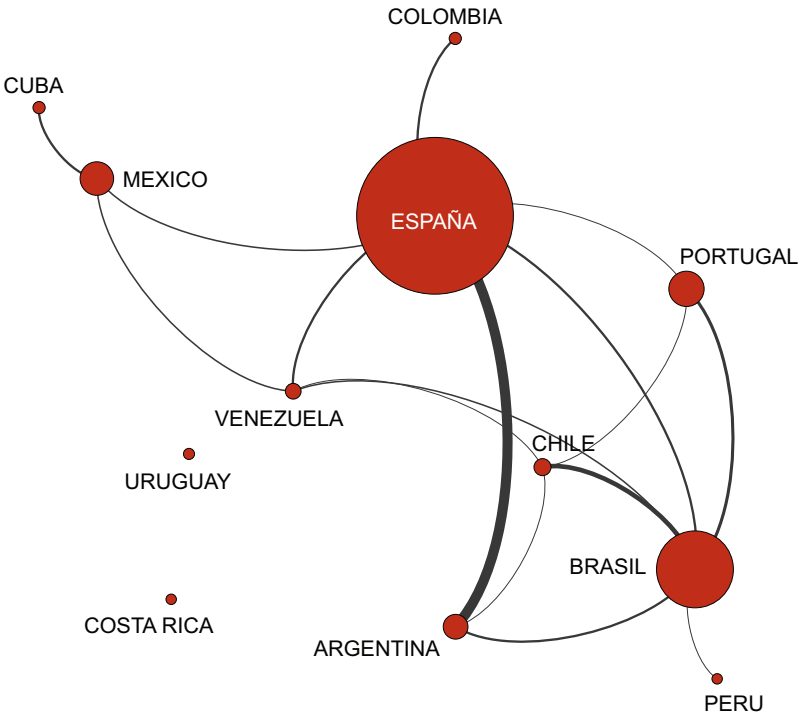
En el **Grafico 27** podemos visualizar la evolución de la red de TIC a lo largo del periodo abarcado en este informe. En el año 2013 se han incorporado más actores a la red de colaboración. Los dieciocho países iberoamericanos que presentan producción científica en TIC se encuentran conectados en la red.

Tal como lo habíamos adelantado a través del análisis del porcentaje de centralización de las redes, el caso de la red de TIC en el periodo bajo análisis ha presentado una mayor tendencia hacia la centralización. Por lo tanto la cohesión de la red hacia el año 2013 es explicada por la centralidad de unos pocos actores.

En este sentido, a partir de la **Tabla 6** podemos señalar que España y Brasil no solo han mantenido posiciones de privilegio en la red sino que también han cobrado mayor importancia a lo largo del tiempo. España ha aumentado su peso en la producción iberoamericana en TIC explicando casi el 56% del total. Por su lado Brasil ha presentado un descenso en su participación, pasando a producir aproximadamente el 16%. Con respecto a la centralidad de grado ambos países demuestran un incremento notable con respecto al año 2000, presentando un 0,94 para España y un 0,77 para el caso de Brasil al año 2013.

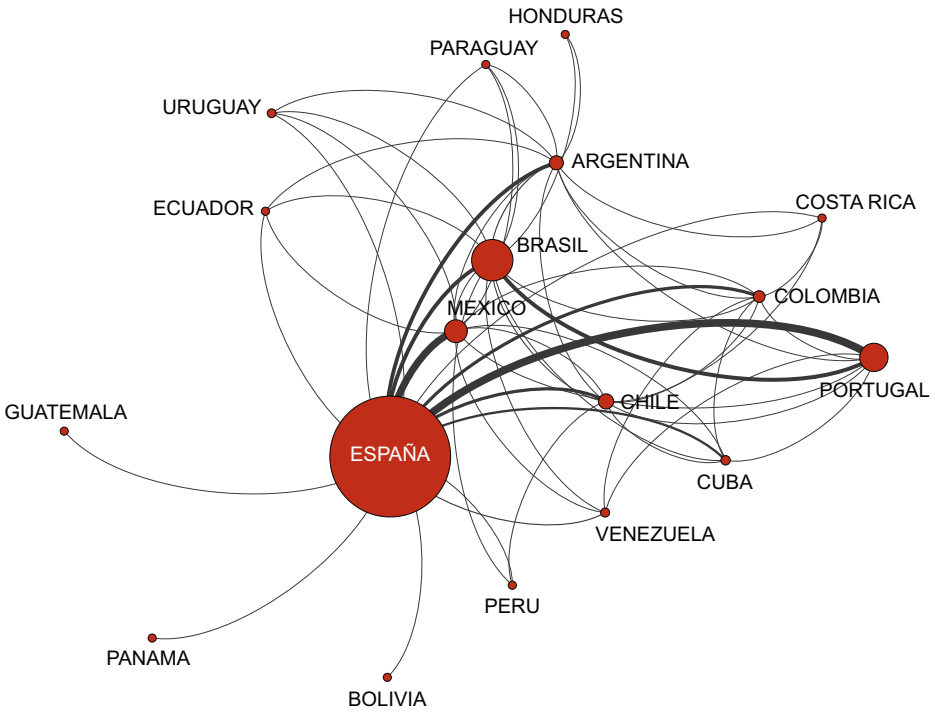
Asimismo, resulta pertinente mencionar los casos de Argentina y México los cuales ya hacia el año 2000 se perfilaban como actores centrales. Ambos presentan al año 2013 una centralidad de grado de 0,65 cada uno.

Grafico 26. Red de países iberoamericanos en TIC (2000)



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

Grafico 27. Red de países iberoamericanos en TIC (2013)



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

Tabla 6. Grado normalizado y participación en la producción en TIC

País	Participación en la producción iberoamericana (2000)	Grado (2000)	Participación en la producción iberoamericana (2013)	Grado (2013)
ESPAÑA	49,89%	0,55	55,82%	0,94
BRASIL	22,70%	0,55	16,50%	0,77
PORTUGAL	8,54%	0,27	10,03%	0,47
MEXICO	7,94%	0,27	7,30%	0,65
ARGENTINA	4,94%	0,27	3,01%	0,65
CHILE	2,32%	0,36	3,54%	0,53
VENEZUELA	1,87%	0,36	0,48%	0,29
COLOMBIA	0,67%	0,09	1,86%	0,53
CUBA	0,67%	0,09	0,70%	0,35
URUGUAY	0,30%	0,00	0,37%	0,24
PERU	0,07%	0,09	0,08%	0,18
COSTA RICA	0,07%	0,00	0,08%	0,24
BOLIVIA	0,00%	0,00	0,03%	0,06
ECUADOR	0,00%	0,00	0,10%	0,24
GUATEMALA	0,00%	0,00	0,02%	0,06
HONDURAS	0,00%	0,00	0,01%	0,12
PANAMA	0,00%	0,00	0,04%	0,06
PARAGUAY	0,00%	0,00	0,05%	0,24

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

Tabla 7. Intermediación y participación en la producción en TIC

País	Participación en la producción iberoamericana (2000)	Intermediación (2000)	Participación en la producción iberoamericana (2013)	Intermediación (2013)
ESPAÑA	49,89%	0,27	55,82%	0,43
BRASIL	22,70%	0,17	16,50%	0,13
PORTUGAL	8,54%	0,01	10,03%	0,01
MEXICO	7,94%	0,15	7,30%	0,04
ARGENTINA	4,94%	0,01	3,01%	0,09
CHILE	2,32%	0,02	3,54%	0,03
VENEZUELA	1,87%	0,08	0,48%	0,00
COLOMBIA	0,67%	0,00	1,86%	0,02
CUBA	0,67%	0,00	0,70%	0,00
URUGUAY	0,30%	0,00	0,37%	0,00
PERU	0,07%	0,00	0,08%	0,00
COSTA RICA	0,07%	0,00	0,08%	0,00
BOLIVIA	0,00%	0,00	0,03%	0,00
ECUADOR	0,00%	0,00	0,10%	0,00
GUATEMALA	0,00%	0,00	0,02%	0,00
HONDURAS	0,00%	0,00	0,01%	0,00
PANAMA	0,00%	0,00	0,04%	0,00
PARAGUAY	0,00%	0,00	0,05%	0,00

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

Por otro lado, al comparar a los países según su centralidad de intermediación a lo largo del periodo podemos señalar a España y Brasil como los actores mejor posicionados (Tabla 7). Por lo tanto, retomando el análisis anterior, estos países no solo se encuentran más conectados a la red sino que también dichas posiciones los ubican en lugares privilegiados en términos de intermediación. España por su lado presenta una evolución favorable pasando de un valor de 0,27 en 2000 (el valor más alto en ese periodo) a un 0,43 para el año 2013. Por otro lado Brasil, el segundo país más central, presenta un pequeño descenso a lo largo del período pasando de un 0,17 a un 0,13. Sin embargo este país no ha perdido su posición central dentro de la red en términos de intermediación.

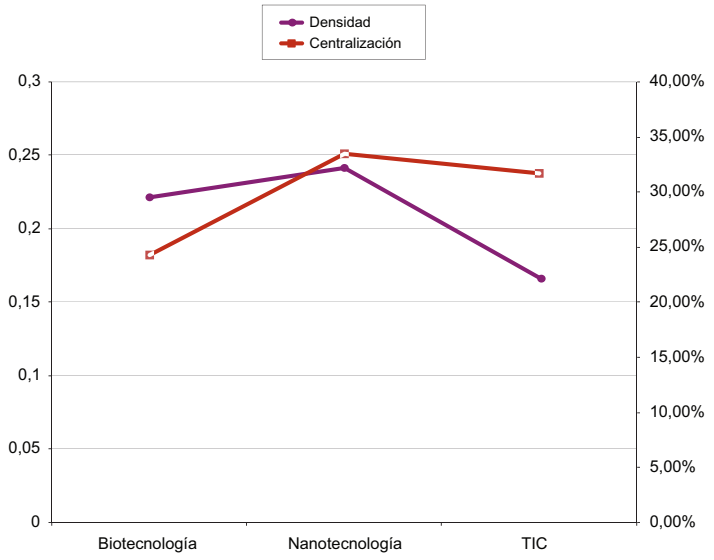
7. El entramado institucional de la I+D

A continuación profundizaremos el análisis de la colaboración y el entramado de redes mediante un estudio de la colaboración científica entre instituciones iberoamericanas que producen en las áreas de biotecnología, nanotecnología y TIC en el año 2013. Comenzaremos con dos indicadores, por un lado la densidad, medida que empleamos para conocer el grado de cohesión entre las instituciones de la región, y por el otro el porcentaje de centralización basada en el grado de cada una de las redes para conocer si la cohesión que presentan las mismas depende o no de algunas instituciones centrales.

El **Gráfico 28** nos muestra, al año 2013, la densidad de cada una de las redes medida a través del eje derecho del gráfico y el porcentaje de centralización reflejado sobre el eje izquierdo del mismo. Tal como podemos apreciar son las redes de colaboración en nanotecnología y biotecnología las que presentan los mayores índices de cohesión, notando que la primera, con un valor de 0,24, es apenas más densa que la segunda (0,22). Por su lado la red de TIC es la que presenta la menor cohesión con una densidad de 0,17. Estos resultados muestran una vez más a las redes de colaboración en biotecnología y nanotecnología con un mayor afianzamiento en la integración en términos científicos en comparación con la red de TIC.

En cuanto a la centralización podemos señalar que la red de nanotecnología, la más densa tal como lo hemos mencionado, es la más centralizada de las tres, con un porcentaje de centralización mayor al 33%. Apenas por debajo del caso precedente, con

Gráfico 28. Densidad y centralización de las redes de colaboración (2013)



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

una centralización de casi 32%, se encuentra la red de TIC, mientras que la red de biotecnología es la que presenta el porcentaje de centralización más bajo con aproximadamente el 24%. Por lo tanto en los casos de nanotecnología y TIC la presencia de actores centrales será más marcada que en el caso de la red en biotecnología la cual presentará, una vez más, una distribución más equitativa de los lazos entre las instituciones.

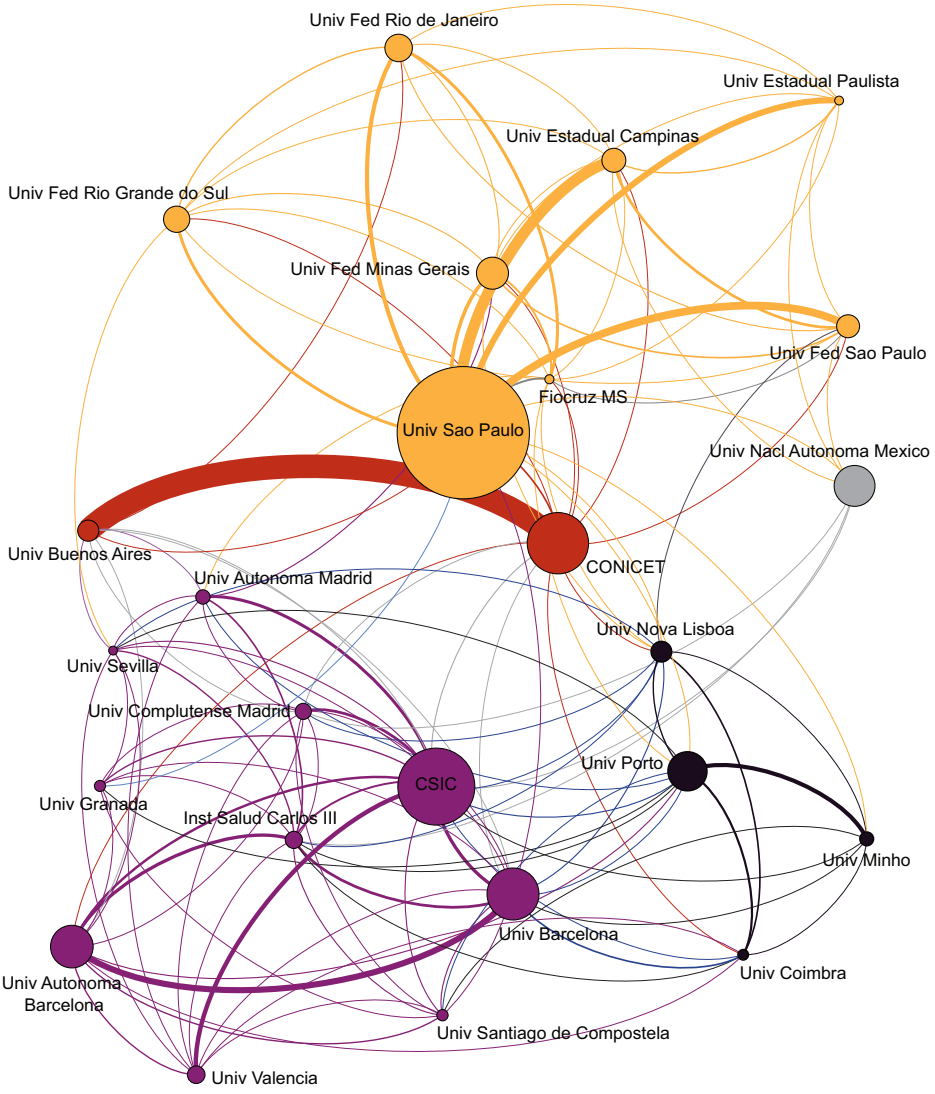
En este apartado analizamos la posición de las instituciones científicas iberoamericanas dentro de cada una de las redes de colaboración. Para ellos disponemos de los sociogramas o gráficos de las estructuras que presentan las redes de colaboración así como también de la centralidad de que asumen las instituciones dentro de las mismas.

Las redes se encuentran representadas en los gráficos 29, 30 y 31. En ellos, a través de los nodos, se indican las 25 instituciones iberoamericanas que presentan mayor cantidad de publicaciones científicas en cada área. El número de publicaciones de cada institución al año 2013 es simbolizado a través del tamaño de los nodos. Las relaciones entre las instituciones se grafican a través de las líneas que conectan los nodos, la intensidad o fuerza de cada lazo (según el número de publicaciones que posean las instituciones en común) es simbolizado por el grosor de las líneas. Por último puede discriminarse el país de origen de cada una de las instituciones diferenciado según el color de los nodos.

7.1 Biotecnología

El **Gráfico 29** corresponde a la red de colaboración institucional de biotecnología al año 2013. Es posible señalar que dicho entramado se caracteriza por tener una mayor presencia de instituciones españolas y brasileñas. De las veinticinco instituciones que componen la red, diez pertenecen a España mientras que ocho le corresponden a Brasil.

Grafico 29. Red de instituciones iberoamericanas en biotecnología (2013)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.
Nota: Violeta: España; Naranja: Brasil; Negro: Portugal; Rojo: Argentina; Gris: México

Al observar la estructura relacional que presentan las instituciones es posible señalar que se trata de una red de colaboración compleja, donde la intensidad de los vínculos varía considerablemente entre las instituciones. Gran parte de los vínculos con mayor intensidad son aquellos que se dan entre instituciones que provienen del mismo país. En este sentido resalta el vínculo entre las instituciones de Argentina, CONICET y la Universidad de Buenos Aires, que comparten 85 publicaciones en la rama de biotecnología. En términos de intensidad de los vínculos a estas instituciones le sigue en importancia la relación entre la Universidad de Sao Paulo y la Universidad Estadual Campinas con 40 publicaciones compartidas.

Retomando el análisis previo recordamos que la red de biotecnología presenta una centralización menor con respecto a los casos de las redes de nanotecnología y TIC. En este sentido la distribución de las relaciones al interior de esta red se da de manera más equitativa y el peso de instituciones centrales no será tan marcado como en las otras redes.

De la lectura de la **Tabla 8** resalta que el CSIC representa al actor más interconectado de la red, con una centralidad de grado de 0,67. Sin embargo su participación relativa en la producción se encuentra muy por debajo del que presenta la Universidad de Sao Paulo. Esta última representa a la institución con mayor producción relativa

Tabla 8. Grado y participación en biotecnología (2013)

Institución	Participación relativa en la producción regional	Grado
CSIC	4,71%	0,67
Universidad Sao Paulo	7,71%	0,63
Universidad Barcelona	3,35%	0,58
Universidad Porto	2,66%	0,54
Instituto Salud Carlos III	1,46%	0,54
CONICET	3,86%	0,54
Universidad Nova Lisboa	1,66%	0,54
Universidad Complutense Madrid	1,41%	0,50
Universidad Autónoma Barcelona	2,85%	0,50
Universidad de Sevilla	1,01%	0,46
Fiocruz MS	1,03%	0,46
Universidad Federal Minas Gerais	2,27%	0,42
Universidad Federal Sao Paulo	7,71%	0,42
Universidad Santiago de Compostela	1,15%	0,42
Universidad Autónoma Madrid	1,31%	0,38
Universidad Federal Rio Grande do Sul	1,96%	0,38
Universidad Coimbra	1,11%	0,38
Universidad Granada	1,14%	0,38
Universidad Buenos Aires	1,68%	0,38
Universidad Valencia	1,49%	0,38
Universidad Estadual Campinas	1,83%	0,38
Universidad Estadual Paulista	1,01%	0,33
Universidad Federal Rio de Janeiro	2,03%	0,33
Universidad Minho	1,29%	0,29
Universidad Nacional Autónoma México	2,75%	0,29

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

en biotecnología en la región con un 7,71%, mientras que es la segunda institución más central demostrando un grado de 0,63.

La Universidad de Barcelona es la tercera institución más central de la red en biotecnología, la misma presenta una centralidad de grado de 0,58, y a la vez posee un porcentaje de participación intermedio, con un 3,35%.

Se hace evidente entonces que las instituciones españolas y brasileñas poseen una posición preponderante dentro de la red de biotecnología, en términos de numero de instituciones que ensamblan la red, volumen de producción e interconexión tal como lo demuestran través de su centralidad de grado.

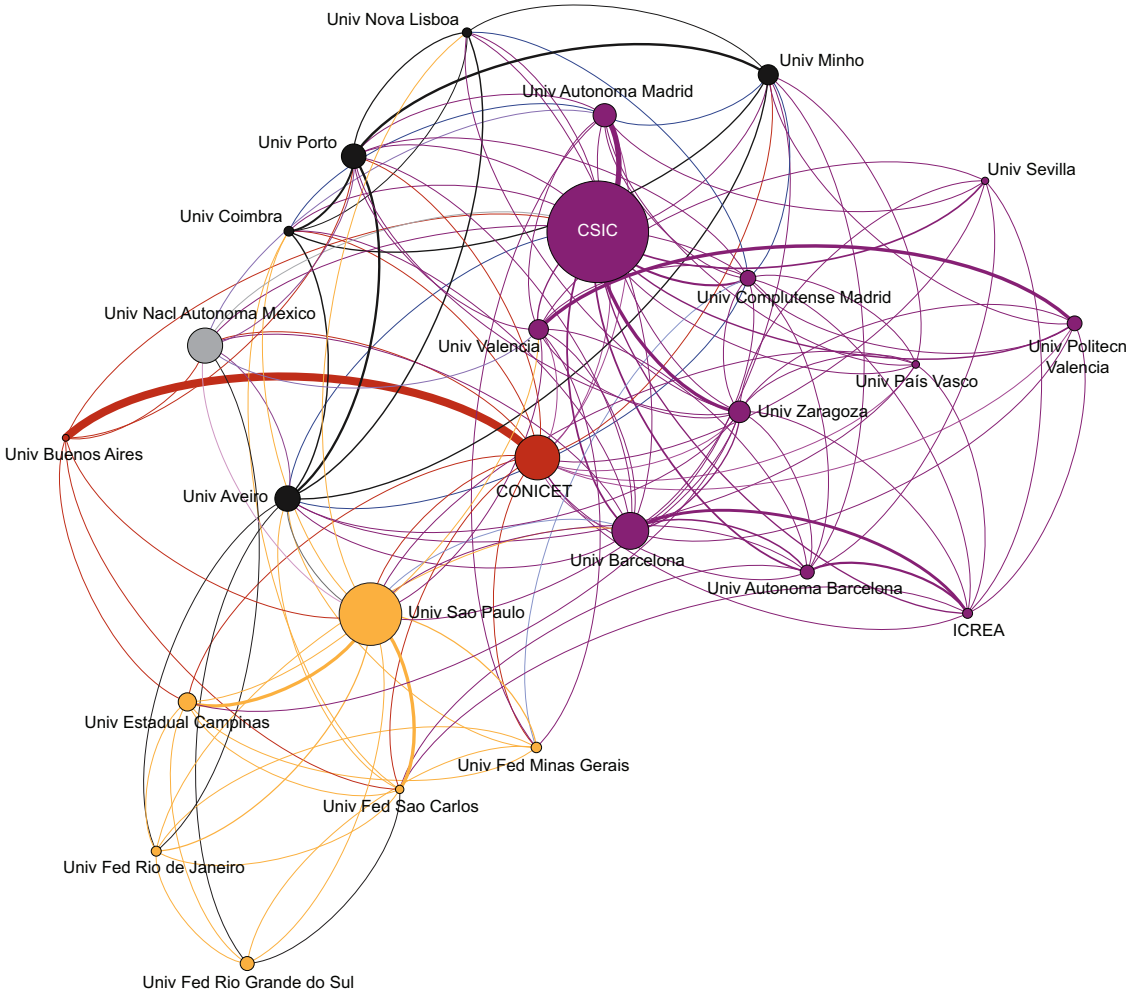
7.2 Nanotecnología

En el panorama de la red de colaboración en nanotecnología para el año 2013, expuesta en el **Gráfico 30**, se puede observar una preponderancia de instituciones españolas. El cuarenta por ciento de las 25 instituciones más productivas de la región pertenecen a España.

La red presenta un número considerable de lazos entre las instituciones, recordemos que se trata de la estructura con mayor índice de densidad en comparación con las redes de Biotecnología y TIC, es decir que es la más cohesionada de las tres. Como era de esperar, los lazos con mayor intensidad se observan en las relaciones entre instituciones del mismo país. En este caso la relación entre CONICET y UBA también representa el lazo con mayor intensidad, estas instituciones poseen 72 publicaciones en común. El segundo lazo más intenso se da entre instituciones españolas, Universidad Autónoma de Madrid y el CSIC, con 48 co-publicaciones.

A partir de la **Tabla 9** podemos señalar que CONICET representa la institución más central de la red iberoamericana en nanotecnología con un grado de 0,79. Esta institución argentina ha alcanzado una posición importante dentro de la red en función de sus conexiones aun cuando su volumen de producción en el área no es el

Gráfico 30. Red de instituciones iberoamericanas en nanotecnología (2013)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.
Nota: Violeta: España; Naranja: Brasil; Negro: Portugal; Rojo: Argentina; Gris: México.

mayor. CONICET, con una participación relativa de casi el 3,65%, se encuentra muy por debajo del CSIC de España el cual produce poco más del 7%, incluso su volumen de producción es menor que el de la Universidad de Sao Paulo la cual posee una participación relativa del 4,8%.

CSIC, institución que presenta el mayor volumen de participación relativa tal como hemos mencionado, es la segunda institución iberoamericana mas interconectada de la red en nanotecnología, con una centralidad de grado de 0,75. En términos de importancia en su centralidad de grado a la institución mencionada le siguen las universidades de Sao Paulo, Barcelona y Zaragoza, con un valor de 0,67 cada una. De estas tres instituciones es la Universidad de Sao Paulo la que posee el mayor peso relativo con respecto a la producción en nanotecnología.

7.3 TIC

El **Gráfico 31** nos muestra la red de colaboración científica entre instituciones iberoamericanas en TIC al año 2013. Como ya hemos notado anteriormente, es notoria la preponderancia de España en la temática ya que quince del las instituciones que componen la red pertenecen a este país.

Cabe mencionar que si bien la red demuestra cierta complejidad en su entramado relacional debemos recordar que en comparación con las redes de nano y biotecnología ésta es la red con menor índice de densidad. Por otro lado, aquí también podemos observar que la mayoría de las relaciones más intensas se registran entre instituciones que pertenecen al mismo país.

Tabla 9. Grado y participación en la producción en nanotecnología (2013)

Institución	Participación relativa en la producción regional	Grado
CONICET	3,65%	0,79
CSIC	7,33%	0,75
Universidad Sao Paulo	4,80%	0,67
Universidad Barcelona	3,14%	0,67
Universidad Zaragoza	2,15%	0,67
Universidad Aveiro	2,39%	0,63
Universidad Complutense Madrid	1,77%	0,63
Universidad Valencia	2,03%	0,58
Universidad Porto	2,34%	0,54
Universidad Autónoma Madrid	2,26%	0,50
Universidad Minho	2,05%	0,50
Universidad Nacional Autónoma México	3,02%	0,46
Universidad Autónoma Barcelona	3,14%	0,46
ICREA	1,40%	0,42
Universidad Federal Sao Carlos	1,30%	0,42
Universidad Coimbra	1,38%	0,42
Universidad del País Vasco	1,25%	0,38
Universidad Estadual Campinas	1,93%	0,38
Universidad Nova Lisboa	1,35%	0,38
Universidad Federal Minas Gerais	1,43%	0,38
Universidad Politécnica de Valencia	1,71%	0,33
Universidad Federal Rio de Janeiro	1,40%	0,33
Universidad Sevilla	1,23%	0,29
Universidad Buenos Aires	1,20%	0,29
Universidad Federal Rio Grande do Sul	1,66%	0,25

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

A partir de la **Tabla 10** es posible señalar que las tres instituciones con el mayor volumen de producción son a la vez la más centrales de la red. Dos de ellas, la Universidad Granada y la Universidad Politécnica de Cataluña, poseen una centralidad de grado de 0,63 pero difieren en su volumen de producción. En tercer lugar se encuentra la Universidad Politécnica Valencia con un grado de 0,58. Las instituciones españolas en términos regionales dominan la temática, no solo a través de su volumen de producción y su gran presencia en el área sino que también han logrado entablar un entramado relacional en el cual ocupan posiciones privilegiadas.

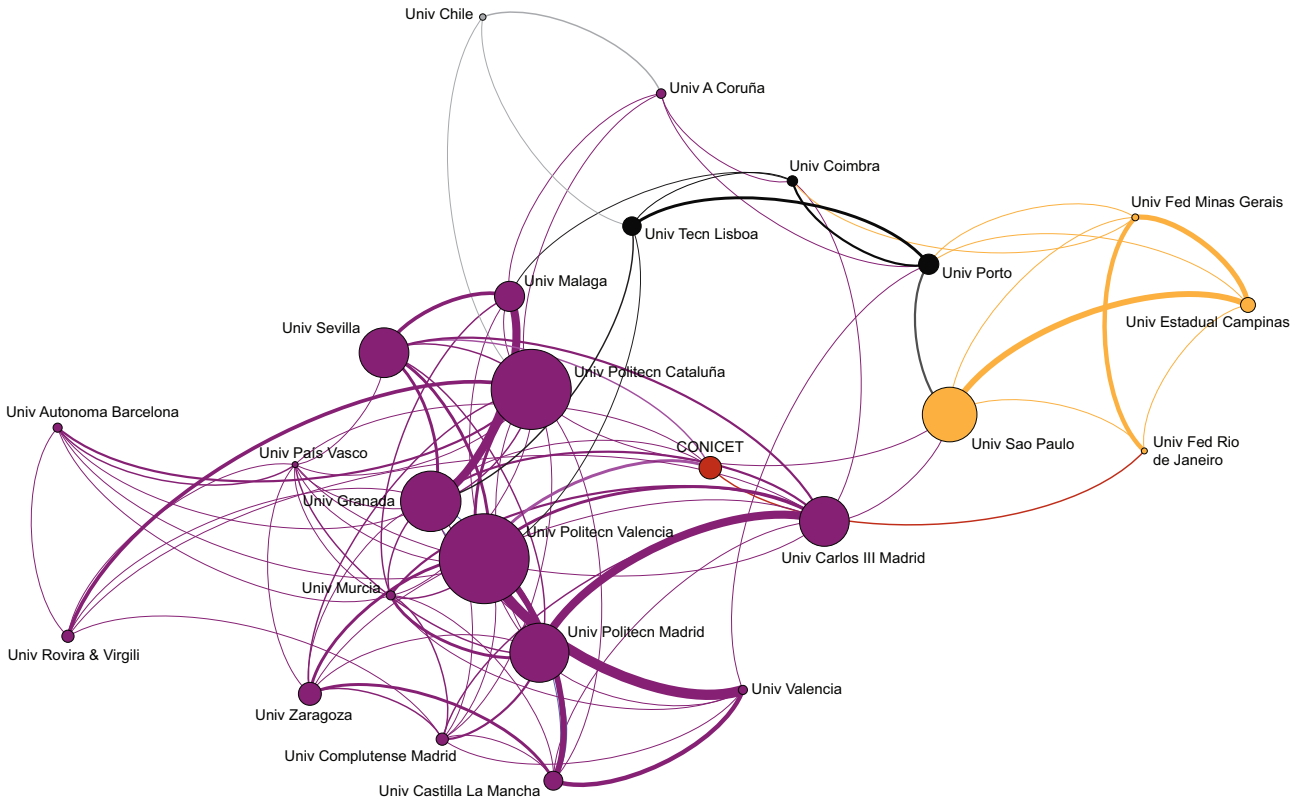
8. Conclusiones

Las TPG, particularmente en la actualidad la nanotecnología, la biotecnología y las TIC, han tenido un impacto fuerte en la industria y un potencial importante en el desarrollo económico y social a nivel global. Se trata de un conjunto de tecnologías que han abierto oportunidades nuevas en la economía, al punto de que el desarrollo de algunos países ha estado apoyado en el control de ciertos nichos de mercado gracias a industrias donde la disponibilidad de conocimiento en estas áreas es central.

En ese sentido, las TPG 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 en la aplicación de las tecnologías disponibles a los problemas de las industrias locales y las demandas de las sociedades iberoamericanas.

A lo largo del desarrollo de este informe ha sido posible observar un panorama general positivo para las TPG iberoamericanas, aunque con diferencias, a veces muy significativas, entre los diferentes países. En Iberoamérica

Grafico 31. Red de instituciones iberoamericanas en TIC (2013)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de SCI-WOS.
Nota: Violeta: España; Naranja: Brasil; Negro: Portugal; Rojo: Argentina; Verde: Chile.

se observa un crecimiento sostenido en las tres TPG, incluso a un ritmo aún más acelerado que a nivel mundial. Sin embargo, la participación iberoamericana en el total de la producción mundial para las tres TPG sigue siendo modesta, rondando el 7% del total global, y levemente por debajo de su participación en el total del SCI.

El panorama en Iberoamérica está liderado en todas las áreas por España y Brasil, seguidos a cierta distancia por Portugal, México y Argentina. Existen pocas diferencia de este fenómeno entre las distintas TPG. El caso más destacable es de las TIC, terreno en el que al fuerte presencia de España contrasta con el bajo desempeño de Argentina. En el caso de la biotecnología se observa una mayor presencia brasileña, acortando la distancia que tiene con España en otras TPG.

Existe entonces una cierta cantidad de investigadores, nucleados en instituciones prestigiosas, cuya fructífera actividad se traduce en ese volumen cada vez mayor de publicaciones. Es importante destacar también que se trata de terrenos de investigación en los que las capacidades especializadas y la disponibilidad de equipamiento son críticas para su desarrollo. En ese contexto, y dado el tamaño relativamente pequeño de la comunidad científica y de los recursos financieros de cada uno de los países iberoamericanos por separado, sólo una intensa colaboración regional puede brindar la masa crítica necesaria para darle a la I+D en las TPG la sustentabilidad necesaria.

En ese sentido, es alentador observar que los países de la región se encuentran cada vez más densamente conectados entre sí, como se pudo ver en el análisis de redes a partir de la firma conjunta de artículos científicos. Al comparar los índices de densidad de las redes se observa que los valores se han incrementado para las tres áreas analizadas, siendo las redes de nanotecnología y biotecnología las que han mostrado el salto más importante.

Asimismo, la colaboración iberoamericana es de mayor importancia para los países de desarrollo medio de la región, que han podido crecer en producción científica, en buena medida, de la mano de la colaboración con los países de mayor desarrollo relativo.

Tabla 10. Grado y participación en la producción en TIC (2013)

Institución	Participación relativa en la producción regional	Grado
Universidad Granada	3,27%	0,63
Universidad Politecn Cataluna	4,02%	0,63
Universidad Politecn Valencia	4,40%	0,58
Universidad Carlos III Madrid	2,86%	0,50
Universidad Politecn Madrid	3,22%	0,46
Universidad Murcia	1,30%	0,46
Universidad País Vasco	1,18%	0,46
Universidad Complutense Madrid	1,42%	0,42
Universidad Castilla La Mancha	1,68%	0,38
Universidad Zaragoza	1,83%	0,33
Universidad Sevilla	2,86%	0,33
Universidad Malaga	2,11%	0,29
Universidad Valencia	1,30%	0,29
Universidad Porto	1,73%	0,29
Universidad Coimbra	1,35%	0,25
Universidad Rovira & Virgili	1,42%	0,25
Universidad Autónoma Barcelona	1,30%	0,25
Universidad Sao Paulo	3,05%	0,25
Universidad Federal Minas Gerais	1,22%	0,21
CONICET	1,82%	0,21
Universidad A Coruna	1,32%	0,21
Universidad Tecn Lisboa	1,66%	0,21
Universidad Estadual Campinas	1,52%	0,17
Universidad Federal Rio de Janeiro	1,18%	0,17
Universidad de Chile	1,20%	0,13

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

La consolidación de las instituciones de investigación en cada una de las áreas analizadas, y su mayor asociación en redes de colaboración, es muy importante también para favorecer los procesos de transferencia del conocimiento hacia las instituciones del sector productivo. Esa interacción con las empresas es uno de los desafíos mayores que se presentan a los sistemas de I+D de la región.

Una de las claves para el desarrollo de estas tecnologías, aprovechando las capacidades ya instaladas en la región, está centrado en potenciar fuertemente las conexiones entre academia y producción. Ello permitiría la ejecución de proyectos conjuntos de investigación y desarrollo dirigidos a la realización de productos que permitan consolidar las pequeñas y medianas empresas nacionales y su inserción en nuevos mercados regionales e internacionales, así como a la generación de más empresas de base tecnológica.

BIBLIOGRAFÍA

Barrere, Rodolfo; D'Onofrio, María Guillermina; Matas, Lautaro; Ferrandiz García, Francisco; Bilen, Marcos; Romanowski, Victor; "La biotecnología en Iberoamérica. Situación actual y tendencias"; en "El Estado de la Ciencia. Principales indicadores de ciencia y tecnología Iberoamericanos / Interamericanos 2009", RICYT, Buenos Aires; 2009.

Barrere, Rodolfo; D'Onofrio, María Guillermina; Matas, Lautaro; Jacovkis, Pablo; "Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en Iberoamérica. Situación actual y tendencias"; en "El Estado de la Ciencia. Principales indicadores de ciencia y tecnología Iberoamericanos / Interamericanos 2011", RICYT, Buenos Aires; 2011.

Barrere, Rodolfo; D'Onofrio, María Guillermina; Matas, Lautaro; Marcotrigiano, Gerardo; Salvarezza, Roberto; Briones Fernandez-Pola, Fernando; "La nanotecnología en Iberoamérica. Situación actual y tendencias"; en "El Estado de la Ciencia. Principales indicadores de ciencia y tecnología Iberoamericanos / Interamericanos 2008", RICYT, Buenos Aires; 2008.

Bresnahan, T. F; Trajtenberg, M; "General purpose technologies 'Engines of growth'?"; Journal of econometrics; nº 65, pp. 83-108; 1995.

Friedewald, M; Roloff, N; Heinze, T; Dominguez-Lacasa, I; Reiss, T; Nanowissenschaften und Nanotechnologien in Österreich -Eine Fakten- und Potenzialanalyse im internationalen Vergleich. Unveröffentlichter Abschlussbericht an die Österreichische Forschungsför-derungsgesellschaft mbH, Karlsruhe; 2006.

Gambardella, A; McGahan, A; "General Purpose Technologies and the Implications for Industry Structure"; Long Range Planning; 2010.

Helpman E; "General purpose technologies and economic growth"; MIT Press; 1998.

Jovanovic, B; Rousseau, P. L; "General purpose technologies", Handbook of Economic Growth; 2003.

Kostoff, R et al; The Seminal Literature of Nanotechnology Research, Office of Naval Research (ONR)/United States Navy and Marine Corps, Arlington; 2005

Lipsey, Richard; Kenneth I. Carlaw & Clifford T. Bekhar; Economic Transformations: General Purpose Technologies and Long Term Economic Growth; Oxford University Press; pp. 131–218; 2005.

OECD; A Framework for Biotechnology Statistics; OECD; París; 2005.

Porter, A L; J. Youtie, P; Shapira D. J; Schoeneck; "Refining search terms for nanotechnology"; Journal of Nanoparticle Research; 10; 715–728; 2008.

RICYT; Metodología para la medición de la I+D en áreas prioritarias; RICYT; Buenos Aires; 2010.

ANEXOS

Anexo 1. Estrategia para la identificación de publicaciones científicas en nanotecnología

S (((Nanometer# or nanometre# or nm or submicro?) and (chip# or electron? or engineering or diameter or size# or layer# or scale or order or range or dimensional))/TI not (Wavelength# or roughness or absorb?)/TI)
S (((Nanometer# or nanometre# or nm or submicro?)(A)(chip# or electron? or engineering or diameter or size# or layer# or small? or scale or order or range or dimensional)) not (Wavelength# or roughness or absorb?))
S (((Nanometer# or nanometre# or nm or submicro?)(2W)(chip# or electron? or engineering or diameter or size# or layer# or small? or scale or order or range or dimensional)) not (Wavelength# or roughness or absorb?))
S (nanoparticl? or nano(w)particl?) not (absorb? or ink or polish?)
s (nanoanaly? or nanobar? or nanobot# or nanocage# or nanocontainer# or nanochannel? Or nanoce-ramic# or nanochannel# or nanochip# or nanocircuitry or nanocluster# or nanocoating# or nanocoll? or nanocomput? or nanocompos? or nanoconduct? or nanocry or nanocrystal? Or nanodevice# or nanodes)
S (nanodimensional or nanodispers? or nanodomain# or nanodrop? or nanoengin? Or nanocatal? or nanophoto? or nanohol? or nanopit# or nanopillar#)
S (nanogap# or nanogel or nanoglass? or nanograin? or nanogranular or nanogrid? Or nanoimprint? or nanoindentation or nanoinstructions or nanoillumination)
S (nanolayer? or nanolitho? or nanomachin? or nanomanipulator# or nanomagnet? Or nanomaterial?)
S (nanomechanic? or nanomembran? or nanometric? or nanomicr? or nanomotor# or nanopeptid? or nanophase# or nanophotolithography or nanopipel? or nanoplotter# or nanopowder# or nanosensor# or nanoscale? or nanoarchitecture or nanopattern or nanocavitiy)
S (nanopor? or nanoprinting or nanoprobe? or nanoprocess? or nanoprogram? or nanoribbon? or nanorod# or nanorope# or nanoscien? or nanoscop? or nanoscratching or nanosemiconductor# or nanosens? or nanosequencer or nanosilic? or nanosilver or nanosiz?)
S (nanospher? or nanospreading or nanostats or nanostep? or nanostruct? or nanosubstrate or nanosuspension or nanoswitch? or nanosyst? or nanotechnolog? or nanotextur? or nanotips or nanotribology or nanotropes or nanotub? or nanowire? or nanowhisk?)
S (nanotopography or nanochemistry or nanoregognition or nanodot or nanopump# or nanocaps?)
s ((scanning probe microscop?) or (tunnel? microscop?) or (scanning force microscop?) or (atomic force microscop?) or (near field microscop?))
s ((functionally coated surface#) and nano?)
S (biochip or biosensor)
S (DNA(W)CMOS)
S (bacteriorhodopsin or biopolymer# or biomolecule#) and nano?

s (biomolecular templat?)
S (nano? and implant?)
S ((Pattern? or organized) and (biocompatability or bloodcompatability or (blood compatability) or (cell seeding) or cellseeding or (cell therapy) or (tissue repair) or (extracellular matrix) or (tissue engi-neering) or biosensor# or immunosensor# or biochip or (cell adhesion)))
S (micro?(2a)nano?)
S (nano(w)(architect? or ceramic or cluster# or coating# or composit## or crystal?))
S (nano(w)(device# or disperse# or dimensional or dispersion# or drop# or droplet or engineering or engineered or electrodes or electronic#))
S (nano(w)(fabricated or fabrication or filler# or gel or grain? or imprint or imprinted or layer#))
S (nano(w)(machine# or manipulator# or material# or mechanical or membrane or metric?))
S (nano(w)(phase# or powder# or pore# or poro? or printing or rod# or scalar))
S (nano(w)(size? or spher# or structure# or structuring or suspension or system# or technolog?))
S (nano(w)(textur? or tips or tropes or tub? or wire? or whisk?))
S ((atomic(w)layer#) or (molecular templates) or (supramolecular chemistry) or (molecular manipula-tion))
S ((quantum device#) or (quantum dot#) or (langmuir blodgett) or (quantum wire?))
S ((single electron? tunneling) or (molecul? engineer?) or (molecul? manufactur?))
S ((molecul? self assembl?) or (ultraviolet lithography) or (PDMS stamp) or (soft lithography))
S (fulleren? or (molecular motor) or (molecular beacon) or (nano electrospray) or (ion channels) or (molecule channels))
S (Lab(3W)chip)
s (coulomb blockade)
s ((drug carrier?) and nano?)
s ((positional assembl?) and nano?)
s ((drug delivery) OR (drug targeting) OR (gene therapy) OR (gene delivery)) and nano?
s (Immobilized AND (DNA OR template OR primer OR oligonucleotide OR polynucleotide)) and nano?
s Polymer AND (protein OR antibody OR enzyme OR DNA OR RNA OR polynucleotide OR virus) and nano?
s (Surface modification) AND ((self assembl?) OR (molecular layers) OR multilayer OR (layerby-layer))
s (Self assembl?) AND (biocompatibility OR bloodcompatibility OR (blood compatibility) OR cellseeding OR (cell seeding) OR (cell therapy) OR (tissue repair) OR (extracellular matrix) OR (tissue engineering) OR biosensors OR immunosensor OR biochip OR nano-particles OR (cell adhesion))
s (Single molecule)
S (nanofilt? or nanofib? or nanofluid?)
S (electron beam writing)

Fuente: Friedewald et al, 2006.

Anexo 2. Estrategia para la identificación de publicaciones científicas en biotecología

biotechnology
DNA sequencing
DNA synthesis
DNA amplification
RNA sequencing
RNA synthesis
RNA amplification
genomics
pharmacogenomics
gene probes
genetic engineering
gene expression profiling
antisense technology
peptide sequencing
protein sequencing
peptide synthesis
protein engineering
proteomics
biodesulphurisation
bioremediation
biofiltration
phytoremediation
gene vector
gene therapy
viral vectors
bioinformatics
nanobiotechnology
transcriptomics
subunit vaccine
recombinant protein
virus like particle
recombinant antigen
metabolic engineering
gene delivery
siRNA
PCR
RT-PCR
miRNA
Microarray DNA
Microarray protein

Anexo 3. Estrategia para la identificación de publicaciones científicas en TIC

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
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
Informs 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
Iee Proceedings-Circuits Devices and Systems	1350-2409
Iee Proceedings-Communications	1350-2425
Iee Proceedings-Control Theory and Applications	1350-2379
Iee 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 InformaTIC	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 CyberneTIC Part a-Systems and Humans	1083-4427
Ieee Transactions on Systems Man and CyberneTIC Part B-CyberneTIC	1083-4419
Ieee Transactions on Systems Man and CyberneTIC 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 BioinformaTIC	1545-5963
Ieee-Acm Transactions on Computational Biology and Bioinformatiocs	1545-5963
Ieee-Acm Transactions on Networking	1063-6692
Ieice Electronics Express	1349-2543
Ieice Transactions on Communications	0916-8516
Ieice Transactions on Fundamentals of Electronics Communications and Computer Sciences	0916-8508
Ieice Transactions on Information and Systems	0916-8532
Iet Computer Vision	1751-9632
Iet Computers and Digital Techniques	1751-8601
Iet Control Theory and Applications	1751-8644
Iet Information Security	1751-8709
Iet 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 InformaTIC and Applications	0988-3754
Rairo-Theoretical InformaTIC 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
StatisTIC 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