

Colaboración científica entre países de la región latinoamericana*

Collaboration in science among Latin American countries

J. M. Russell¹, S. Ainsworth², J.A. del Río³, N. Narváez-Berthelemot⁴,
H. D. Cortés⁵

Resumen: Un análisis de la colaboración científica entre los países de América Latina a través de documentos registrados de 1975-2004 en el *Science Citation Index* versión *Web of Science*, revela un aumento paulatino en el número total de trabajos principalmente en la última década, así como en los porcentajes de éstos del total de publicaciones registradas por la región. La magnitud de estos aumentos varía; los países más pequeños mostraron los niveles más altos de colaboración, en especial aquellas colaboraciones intra-regionales que involucran países fuera de la región. Los temas más abordados por el esfuerzo intra-regional son de las áreas de la Biología, la Salud, la Física, y la Química. En cuanto a la participación de los países fuera de la región en las colaboraciones intra-regionales, el 40% corresponden a países europeos y el 38% a América del Norte. El impacto de los trabajos intra-regionales con la presencia de por los menos un país de fuera de la región calculado a través de un número h normalizado, fue superior al impacto de los trabajos en colaboración intra-regional en su conjunto. La colaboración Brasil-Argentina domina las colaboraciones bilaterales intra-regionales que en la última década se han enfocado a temas en las Ciencias de la Salud y Astronomía. Las instituciones brasileñas y argentinas son las más productivas en el área de Física y la categoría de mayor contribución en las colaboraciones intra-regionales, es la Materia Condensada.

Palabras clave: colaboración científica, colaboración regional, América Latina, índice h, física.

* Una primera versión de este trabajo se presentó en INFO 2006 en Cuba.

¹ Centro Universitario de Investigaciones Bibliotecológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 04510 México DF. México. Correo-e: jrussell@servidor.unam.mx.

² Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 2001, Cuernavaca, Morelos 62210, México. Correo-e: shirley@ibt.unam.mx.

³ Centro de Investigación en Energía, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Apartado Postal 34, Temixco, Morelos, México. Correo-e: antonio@servidor.unam.mx.

⁴ 100 Ocean Lane Dr., PH-3, Key Biscayne, FL 33149, EUA. Correo-e: Noranberthelemot@aol.com.

⁵ Centro de Investigación en Energía, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Apartado Postal 34, Temixco, Morelos, México. Correo-e: hdcg@cie.unam.mx.

Recibido: 23-10-2006; 2.^a versión: 17-4-2007.

Abstract: An analysis of the scientific collaboration among Latin American countries registered between 1975 and 2004 in the *Science Citation Index* database, *Web of Science* online version, revealed a steady increase in the number of publications, more marked in the last decade, as well as in the percentages that these represent in the total number of publications authored by regional scientists. Differences were found between countries in the magnitude of these increases, the smaller countries showing the highest levels of collaboration, especially with respect to those publications also involving scientists from institutions outside the Latin American region. The most common subject areas of intra-regional collaboration were Biology, Health, Physics, and Chemistry. Participating institutions from outside the region in intra-regional co-authorship were most commonly European (40% of cases) and North America (38%). The impact of papers as measured by a normalized *h*-index, involving scientists from outside the region was greater than that found for all intra-regional publications. The dominant bilateral regional collaboration was between Brazil and Argentina which in recent years has focused on topics in the Health Sciences and Astronomy. A detailed analysis of Physics papers showed that institutions from Brazil and Argentina are the most productive in intra-regional collaborations and Condensed Matter, the most studied subject.

Keywords: scientific collaboration, regional collaboration, Latin America, *h*-index, physics.

1. Introducción

La investigación científica se ha convertido en una actividad en colaboración cuyo alcance traspasa fronteras geográficas y culturales. No obstante la universalidad de la ciencia, sus colaboraciones perpetúan la vieja tendencia y enfatizan la dirección sur-norte y poco se hace a través de vínculos sur-sur. En América Latina, como es característico de las naciones en vías de desarrollo, históricamente los científicos e instituciones académicas han establecido lazos de colaboración con los Estados Unidos y Europa, prestando poca atención a la colaboración con sus vecinos más próximos (Cetto y Vessuri, 1998). Esto ocurre a pesar de la cercanía entre los países latinoamericanos en términos históricos, lingüísticos y culturales, así como con respecto a los problemas que puedan tener en común en temas de salud, agrícolas, ecológicos y geofísicos (Lewison, Fawcett-Jones y Kessler, 1993). Evidentemente el deseo de trabajar con los más poderosos se relaciona con el acceso a recursos económicos, humanos y materiales especializados que exige hoy en día la investigación científica de calidad.

En las últimas décadas se ha visto una proliferación de acuerdos regionales en todo el mundo; los países de América Latina y el Caribe han firmado más acuerdos regionales de comercio que cualquier otra región en desarrollo (Perspectivas de la economía mundial 2005). Estas alianzas se han caracterizado por ostentar un enfoque predominante comercial, financiero y político, prestando poca atención a la coo-

peración en materia de ciencia y tecnología. En América Latina, a pesar de un creciente interés en aumentar la capacidad científica y tecnológica de la región a través del uso y distribución eficiente de los escasos recursos disponibles, los tratados internacionales firmados han hecho caso omiso de cualquier previsión encaminada al desarrollo del aparato científico y tecnológico regional (Cetto y Vessuri, 1998).

Trabajos previos sobre la colaboración entre los países latinoamericanos y particularmente con respecto a las co-autorías entre los países objeto de acuerdos regionales de cooperación, han analizado la influencia de otros países en fomentar o cimentar la cooperación intra-regional. En cerca de la tercera parte de los documentos 1980-1990 en co-autoría entre el grupo de tres (acuerdo G-3 entre Colombia, México y Venezuela) intervinieron también otros países (Narváez-Berthelebot, 1994). Se encontró una cifra similar para los países que conforman el tratado de MERCOSUR; Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, con países fuera de este bloque para el período 1980-1995 (Narváez-Berthelebot, Russell y Velho, 1999). Esta situación se manifiesta también para la región en general donde la colaboración intra-latinoamericana entre 1986 y 1991 se ve reforzada por la presencia de co-autores europeos o norteamericanos (Lewison, Fawcett-Jones y Kessler, 1993).

El presente estudio analiza la co-autoría científica entre los países latinoamericanos para determinar tendencias de co-publicación y su impacto a través de un índice h normalizado, a lo largo de los últimos treinta años, período en el cual se firmaron importantes acuerdos regionales. Asimismo, se determinará el peso relativo de las disciplinas en el trabajo regional, en el caso específico de la Física también de las subdisciplinas y las instituciones, y se examinará el papel que juegan los países fuera de la región en las colaboraciones intra-regionales.

2 Metodología

Se desarrolló una estrategia de búsqueda en el *Science Citation Index Expanded* versión *Web of Science* de ISI, que permitió recuperar todos los registros del 1975-2004 con dos o más países de América Latina (incluye los países del Caribe de habla española, Cuba y la República Dominicana) representados en el subcampo país (CU) del campo de la dirección, con o sin la participación de países de fuera de la región. Se hizo la transferencia de los registros a una base de datos en *Reference Manager* versión 10, se eliminaron los duplicados y se clasificaron los registros restantes en ocho disciplinas científicas (Biología Fundamental, Investigación Médica, Biología Aplicada, Química, Física, Ciencias del Universo, Ingeniería, Matemáticas) utilizando el campo de categoría temática (Subject Category) asignado por ISI con la tabla de equivalencias de Le Rapport OST, 2004. Los registros asignados con la categoría *Ciencias Multidisciplinarias* por el ISI, se quedaron excluidos de esta clasificación, aunque se incluyeron en los análisis no temáticos. Se agregó el nombre de los Estados Unidos a los registros que especificaron únicamente los nombres de los estados.

En los casos donde el ISI asignó más de una categoría temática (Subject Category) a los registros, se tomó en cuenta solamente una por registro para conservar el mismo número de registros en los distintos análisis. La excepción fue el análisis detallado del área de Física donde se tomaron en cuenta todas las categorías temáticas asignadas con la finalidad de representar de la manera más completa, las diferentes áreas e instituciones involucradas. Se normalizó el campo de institución para los registros en Física.

Para el análisis de los temas de la colaboración bilateral entre Brasil y Argentina se utilizó el software para minería de datos desarrollado en el Centro de Investigaciones en Energía de la UNAM (Cortés, Del Río y García, 2005; Cortés et al., 2006). Este software a través de un algoritmo entrópico, permite el análisis temático de los trabajos publicados con una granularidad más fina de lo que es posible lograr asignando a los trabajos las categorías temáticas de ISI de las revistas donde fueron publicados. Concisamente, el programa extrae las palabras relevantes de los resúmenes de los trabajos de acuerdo con los cálculos de las desviaciones estándares entre las ocurrencias sucesivas de una palabra en el texto analizado. Para mayor precisión se ejecuta un análisis de frecuencias. Seleccionamos las palabras y combinaciones de dos o tres palabras, cuya distancia entre ocurrencias sucesivas sea mayor a 1 como palabras y términos relevantes.

Recientemente se ha propuesto un índice para caracterizar la producción de un científico por medio de un número calculado con base en las citas que han recibido sus publicaciones (Hirsch, 2005). Un investigador tiene un índice h si h de sus n artículos han tenido al menos h citas y, por lo tanto, los restantes, n menos h artículos no tienen más de h citas. Claramente este índice señala qué tan consistentemente es citado un autor y ha mostrado su valía en diferentes contextos (Van Raan, 2006). En esta ocasión extendemos este concepto para evaluar la consistencia de las publicaciones en colaboración entre la región, comparándolos con aquellos donde existe una colaboración externa a la región. En nuestro caso particular el número h caracteriza las citas que han recibido las publicaciones en colaboración que tiene un país, específicamente los países de América Latina en colaboración intra-regional. Obviamente el valor h depende del número total de publicaciones analizadas, por lo tanto, aquí hacemos una normalización por el número de publicaciones, n , es decir, $hn=h/n$. Esta normalización fue recientemente propuesta por Sidiropoulos, Katsaros y Manolopoulos (2006) para reducir la dependencia de h con el número de artículos analizados. En la literatura otras alternativas de normalización han sido propuestas (Batista et al, 2005) pero no son adecuadas para nuestros propósitos.

Tomando en cuenta la heterogeneidad de la región, en el análisis de la colaboración intra-regional por país, se presentan los resultados de una muestra selectiva de los países más productivos y de los menos productivos para contrastar los comportamientos de los dos grupos. Se incluyó a Cuba por la singular posición que ocupa en el entorno socio-político latinoamericano.

3 Resultados y discusión

3.1 Tendencias en la colaboración intra-regional 1975 a 2004

Se encontró un total de 11,963 registros en el periodo 1975 a 2004, con coautoría entre países de América Latina considerando todo tipo de documento, de unos 443.089 de la producción total de los países de América Latina. Se observa una evolución positiva y sostenida de publicación durante los treinta años estudiados, de un total de 294 publicaciones en colaboración intra-regional para el quinquenio 1975-1979, a 831 entre 1987 y 1991, a unas 5,973 para el período 2000-2004, lo que representa un incremento de aproximadamente el 2.000%. El 87,5% del total de los trabajos se publicaron como artículos de revistas a lo largo de los treinta años, cifra estable en este período. En un estudio sobre la colaboración científica bilateral o multilateral entre cinco de los países de Asia del Sur: India, Pakistán, Bangladesh, Sri Lanka y Nepal, registrada en el SCI versión cd-rom entre 1992 y 1999, se encontraron únicamente unos 194 trabajos publicados a pesar de la alta producción de la India en revistas de corriente principal (Gupta, Munshi y Mishra, 2004).

En cuanto a los idiomas de publicación, se encontraron únicamente 418 registros en español y 73 en portugués publicados en 61 revistas distintas, no todas de la región ibérica, algunos corresponden a trabajos aislados publicados en revistas de Suiza, Holanda, Francia y EE.UU., entre otros. Como es de esperar, la gran mayoría de los registros se publican en inglés, 11.431 (94%) con escasos documentos en francés, alemán o ruso. La tendencia en el uso del español-portugués en el presente estudio se reduce de manera clara, del 37% de los registros en colaboración en 1975, a un 4,9% en 2004. Es evidente que, a partir de 1988, el uso de estos idiomas representa ya menos del 5% del total. La escasa presencia de las revistas editadas en los países de América Latina y el Caribe dentro del *Web of Science*, la falta de continuidad de su cobertura (Luna-Morales y Collazo-Reyes, 2007), así como una creciente tendencia de publicación en inglés por parte de los títulos regionales, son factores que inciden en estos resultados.

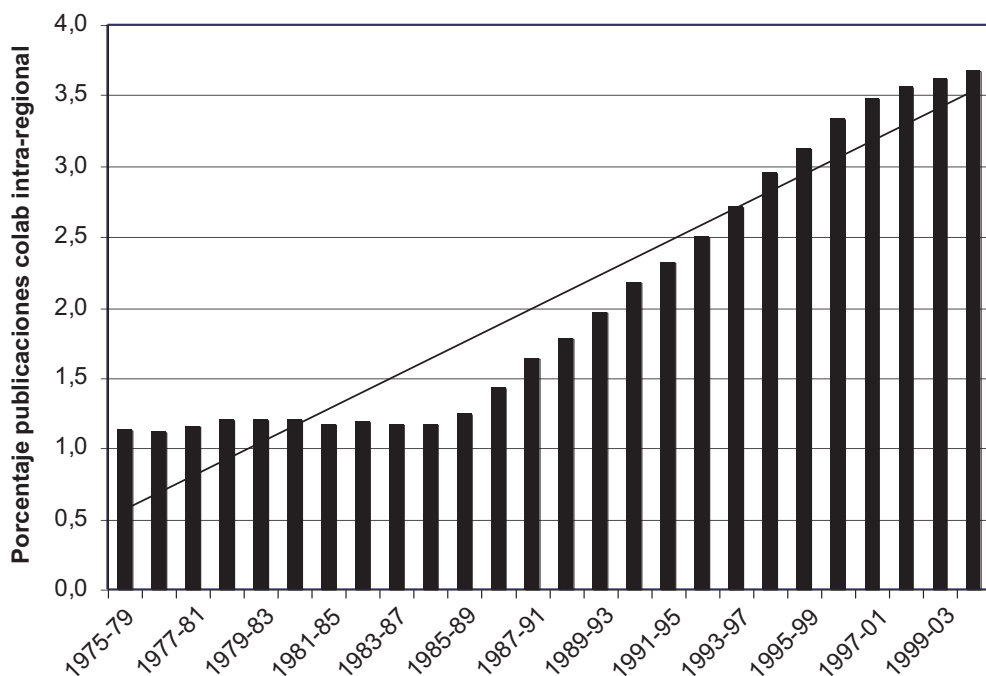
Los seis países latinoamericanos que editan las revistas con más artículos escritos en español-portugués en colaboración intra-regional para el periodo 1975-2004, son Chile (111 artículos), Brasil (82), Argentina (64), Venezuela (60) España (57) y México (54). Esto contrasta con lo encontrado por Luna-Morales y Collazo-Reyes (2007); según estos autores, las revistas publicadas en América Latina e incluidas dentro del *Web of Science* 1990-2005 son en orden decreciente del número de títulos: Brasil, México, Chile, Argentina, y Venezuela. Los temas más representativos escritos en español y portugués corresponden a trabajos en Investigación Médica (227 registros) y en Biología Aplicada (92).

Es bien conocido que el volumen de publicaciones de los países de América Latina y el Caribe en las bases del ISI ha mostrado un incremento paulatino en los últimos años, de unos 11.000 en 1990 a más de 35.000 en 2003 (Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología, 2004), no obstante, la figura 1 señala un aumento real a partir

del 1975 en el número de publicaciones intra-regionales (presencia de por lo menos dos países de la región con o sin países fuera de la región, eliminando registros duplicados) como porcentaje del total de la producción científica (suma de la producción de todos los países incluidos en el análisis quitando trabajos duplicados) de la región registrada en el *Web of Science*. Del total de documentos regionales registrados en el quinquenio 1975-1979, únicamente el 1.1% correspondían a trabajos en colaboración entre países de la región, cifra que se mantiene estable hasta 1982-1986; a partir de este período, se registra un aumento paulatino hasta llegar al 3,7% para los años 2000-2004. En un análisis reciente de la colaboración científica de los países latinoamericanos y el Caribe basados en los registros de los índices de citas del ISI en formato CD-ROM (Sancho et al., 2006) se encontró de los 96,998 trabajos publicados por la región entre 1999-2002, un 2,7%, unos 2.587 trabajos, fue el resultado de la colaboración intra-regional (sin la presencia de instituciones extra-regionales), porcentaje también encontrado en otro estudio para los años 1991-1995 utilizando el SCI en su versión en disco compacto (Fernández, Gómez y Sebastián, 1998). En el presente estudio al consultar la base del *Science Citation Index Expanded* a través del *Web of Science*, recopilamos unos 4.232 registros resultados de la colaboración intra-regional de América Latina correspondiente al período de 1999-2002.

Figura 1

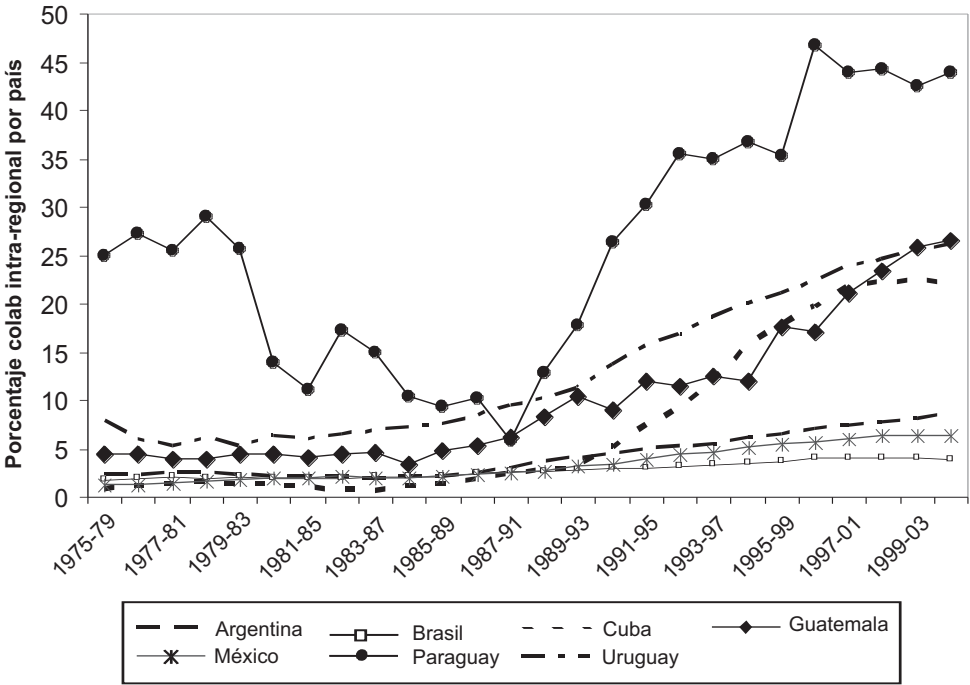
Porcentaje del total de documentos registrados en SCI SEARCH publicados en colaboración intra-regional entre 1975 y 2004, en promedios corridos de intervalos de cinco años



Nota: Por consideraciones de claridad se indica cada tercer período de cinco años.

Cabe señalar que no todos los países se comportan de la misma manera. Brasil, por ejemplo, muestra un porcentaje relativamente estable de publicaciones en colaboración intra-regional de su producción total a partir de 1975-79, del 1,8% (138 en colaboración intra-regional de una producción total de 7.684 trabajos) en ese período al 3,95% (3.039 de 77.022) en 2000-2004. No así Argentina, que aumentó considerablemente su coautoría con otros países de la región, del 2,21% (132 de 5.978) en 1975-79 al 8,79% (2.396 de 27.257) en el último quinquenio (figura 2). Este fenómeno se explica posiblemente por la creciente colaboración de Argentina con el mismo Brasil (con o sin la colaboración de terceros países) que aumentó más del 2.000% desde el primer quinquenio (63) hasta el último (1277) conjuntamente con su colaboración con Chile, un 2.800% (desde 16 hasta 447) y con México, 3.200% (desde 13 hasta 413). Es evidente también que los países que publican poco, como son Guatemala (1.793 en todo el periodo del estudio), Paraguay (495), Cuba (9.175) y Uruguay (4.898), tienen niveles más altos de colaboración comparados con los países más productivos de la región y que sus porcentajes han incrementado paulatinamente desde 1975, resultados similares a los encontrados para

Figura 2
Porcentaje de trabajos intra-regionales del total de las publicaciones por país entre 1975 y 2004, en promedios corridos de intervalos de cinco años



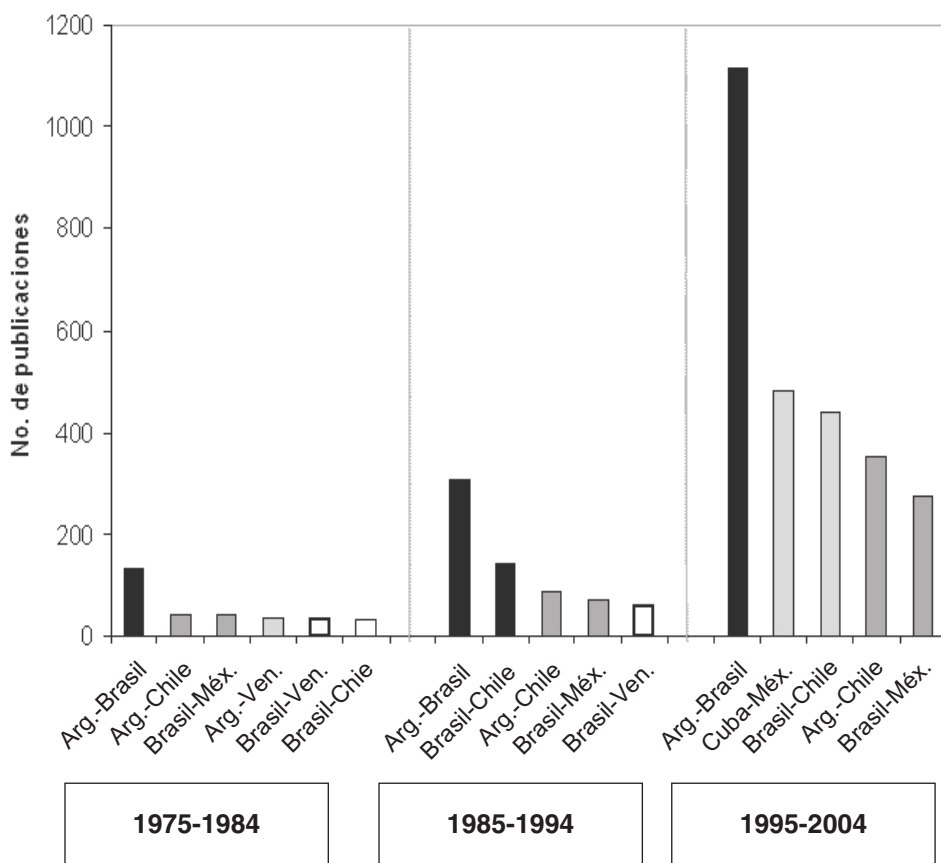
Nota: Por consideraciones de claridad se indica cada tercer período de cinco años.

las colaboraciones en general de la región (Roche y Polanco, 2004; Sancho et al., 2006).

3.2 Comportamiento de las colaboraciones bilaterales intra-regionales

En la figura 3 se aprecian los cambios en las colaboraciones bilaterales intra-regionales a lo largo de los treinta años. La colaboración bilateral Brasil-Argentina sigue dominando, sobre todo a partir de la creación del Mercosur en 1991 (Narváez-Berthelemot, Russell y Vehlo, 1999). No obstante en la última década se nota una presencia importante de trabajos bilaterales entre México y Cuba que rebasa la incidencia de colaboraciones entre México y Brasil que en las primeras décadas representó a la colaboración bilateral más frecuente para México.

Figura 3
Colaboración bilateral intra-regional, las cinco colaboraciones más prolíficas por períodos de 10 años



Al analizar el comportamiento de los países que colaboran con Argentina y/o Brasil se aprecia la importancia que representan estos dos grandes de la ciencia regional para sus socios del Mercosur, Paraguay y Uruguay (figura 4). En la última década han participado Argentina o Brasil o los dos, en las tres cuartas partes de las colaboraciones intra-regionales de estos dos pequeños países del Cono Sur. En paralelo, se nota la colaboración de Argentina y/o Brasil con su vecino y asociado en el MERCOSUR, Chile, ya que este país le sigue a Paraguay y Uruguay con mayor porcentaje de sus colaboraciones intra-regionales que involucran estos dos grandes. En un estudio previo de la colaboración científica entre el conjunto de los países del MERCOSUR registrada en la base de datos multidisciplinaria francesa Pascal, se observó que el 27% y el 25% de las colaboraciones de Paraguay y Uruguay con otros países, respectivamente, se realizan con sus socios del Mercosur (Roche y Polanco, 2004). Hay una tendencia de menores niveles de la importancia de la colaboración con Argentina y Brasil, para los países más alejados geográficamente, como son Guatemala, Cuba, Costa Rica, y México.

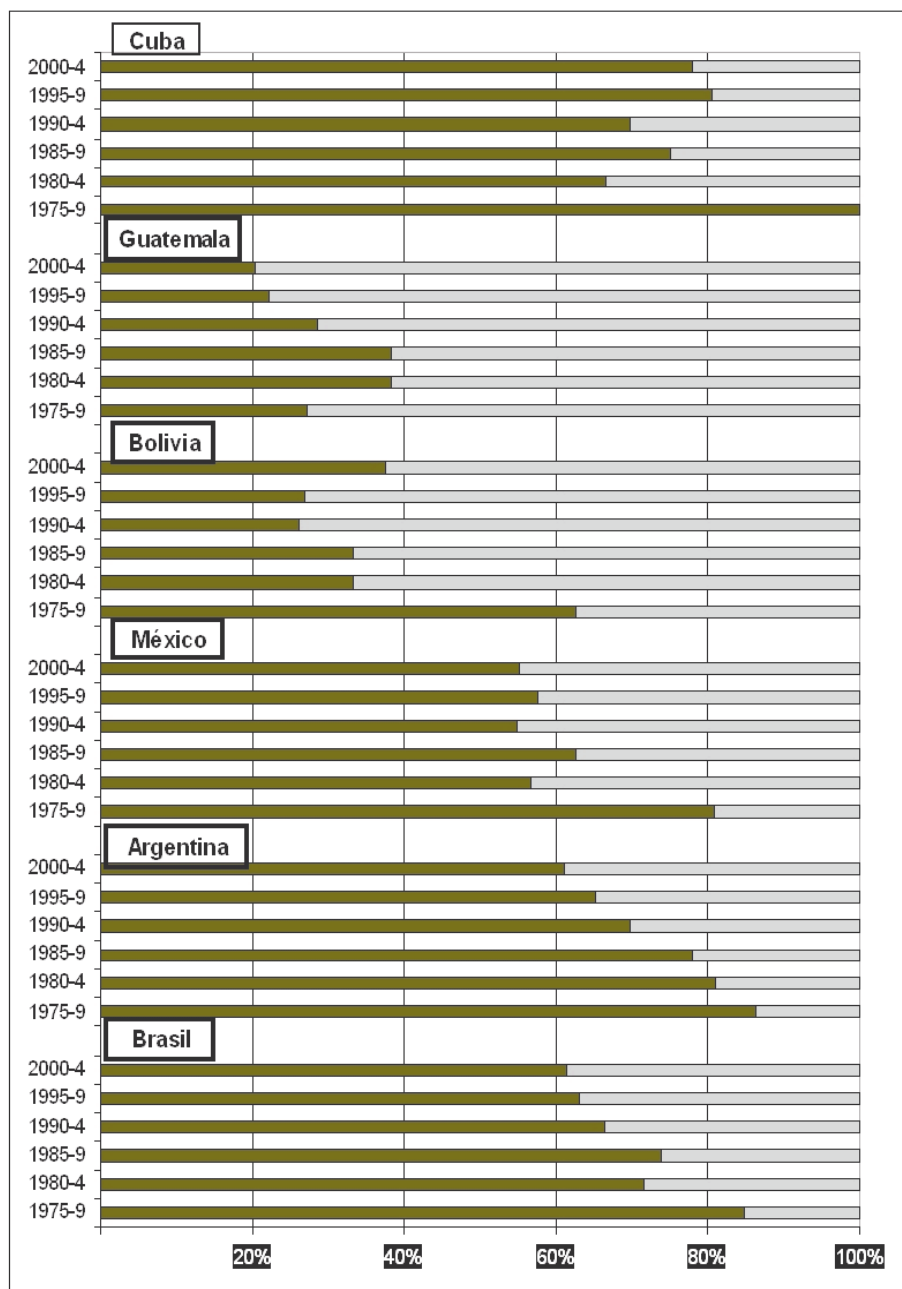
Con respecto a la colaboración bilateral entre Argentina y Brasil de 1995 a 2004, el análisis de los resúmenes reveló algunas cadenas que muestran la temática de la investigación. La mayoría señala una temática relacionada con las Ciencias de la Salud, por ejemplo: LONG TERM MEMORY, ENTORHINAL CORTEX, CONGENITAL MALFORMATIONS/ANOMALIES, INHIBITORY AVOIDANCE TASK/TRAINING, DORSAL HIPPOCAMPUS, CHAGAS DISEASE, HIV, MYOCARDIAL INFARCTION. Otra área que destaca en este análisis es la Astronomía ya que encontramos frases como: EARLY TYPE GALAXIES, START CLUSTER/FORMATION y una frase interesante que indica que los estudios reportados son producto de una colaboración latinoamericana (LATIN AMERICAN COLLABORATIVE STUDY).

3.3 Papel de los países fuera de la región en la colaboración intra-regional

La figura 5 demuestra que la participación internacional (fuera de la región) es más importante para las colaboraciones intra-regionales de los países menos productivos que los más productivos. Mientras que las naciones fuertes como son Brasil, Argentina, y México, publican menos del 50% de sus trabajos intra-regionales con la colaboración de países fuera de la región, países pequeños como son Bolivia y Guatemala, tienen porcentajes más altos, entre el 60 y el 80%. En el caso de estos cinco países se ve un aumento importante en la presencia de los países de fuera de la región en los años más recientes del estudio. Este comportamiento se vincula con los aumentos descritos para las colaboraciones en general de los países latinoamericanos (Fernández, Gómez, Sebastián, 1998). Cuba, sin embargo, muestra un patrón distinto, porcentajes menores que los otros países con respecto a la presencia de los países de fuera de la región en sus colaboraciones regionales que en el período de 2000 a 2004 corresponde únicamente a un 28%. Tampoco demuestra un claro aumento en esta cifra, al contrario la presencia de países de fuera de la región muestra una tendencia a la baja.

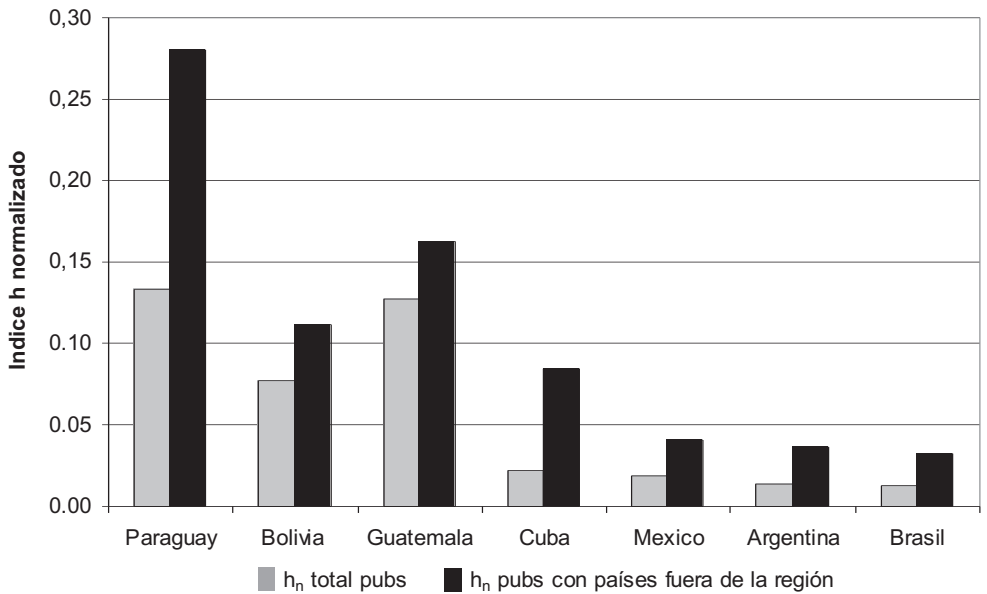
Figura 4

Porcentaje de publicaciones en colaboración intra-regional con por lo menos un país fuera de la región vs. todas las colaboraciones intra-regionales, por períodos de cinco años



Línea oscura = colaboración intra-regional. Línea clara = colaboración intra-regional + extra-regional.

Figura 5
Índice h normalizado (índice h dividido por el no. de publicaciones 1975-2004) en colaboración intra-regional con por lo menos un país fuera de la región vs todas las colaboraciones intra-regionales

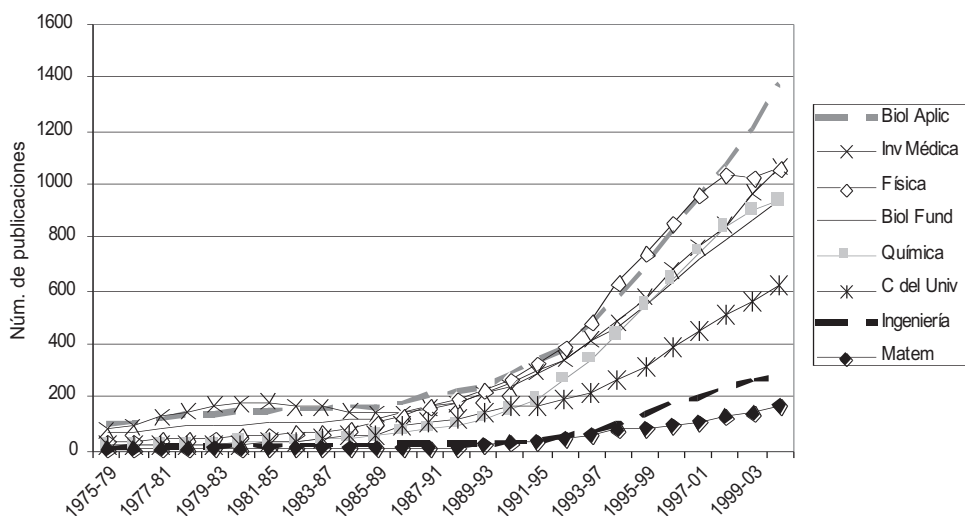


Con respecto a los países de fuera de la región que intervienen en los trabajos de colaboración intra-regional de 1975 al 2004, el 40% corresponden a países europeos, el 38% a América del Norte (Estados Unidos o Canadá) y el 10% a países asiáticos. África, el Caribe, el Medio Oriente y Oceanía están presentes cada uno con el 3%. Las cifras de aumento del primer quinquenio hasta el último son, para Europa, el 7.600%, para América del Norte, el 2.735% y para Asia, el 12.200%.

En la figura 6 se presenta el índice h_n para siete países tanto para todos los trabajos en colaboración intra-regional, así como los que cuentan con la coautoría de por lo menos un país no latinoamericano. En todos los casos, h_n es mayor para los trabajos donde interviene un país fuera de la región en comparación con todas las publicaciones intra-regionales. Solamente en el caso de Bolivia y Guatemala, esta diferencia es menor al 50%; en el caso de Cuba, el h_n de los trabajos con terceros países es casi cuatro veces mayor que el h_n para el total de publicaciones en colaboración intra-regional. Un punto adicional se refiere a que el índice h sin normalizar, es mayor para el conjunto total de publicaciones que para aquellos donde hay presencia de instituciones fuera de la región; sin embargo este hecho es atribuible al menor volumen de este último grupo de artículos. El índice h como medida basada en la relación entre el número de artículos y las veces que éstos se citan, como es el caso de cualquier indicador relacionado con estos dos parámetros, se ve inflencia-

Figura 6

Evolución del número de publicaciones en colaboración intra-regional por área, en promedios corridos de intervalos de cinco años



Nota: Por consideraciones de claridad se indica cada tercer período de cinco años.

do por los campos de estudio, los patrones de comunicación y el tamaño de la comunidad científica analizada. No obstante, esta nueva aplicación de índice h para calcular el impacto y visibilidad de la producción a nivel país, es un indicador estadístico del comportamiento íntegro del universo estudiado. El hecho de encontrar mayores valores de h_n para los trabajos de cada país donde hubo colaboración de países fuera de la región, podría significar un mayor y constante nivel de citación de los trabajos con presencia extra-regional, pero este supuesto requiere un mayor análisis para excluir el efecto disciplinario.

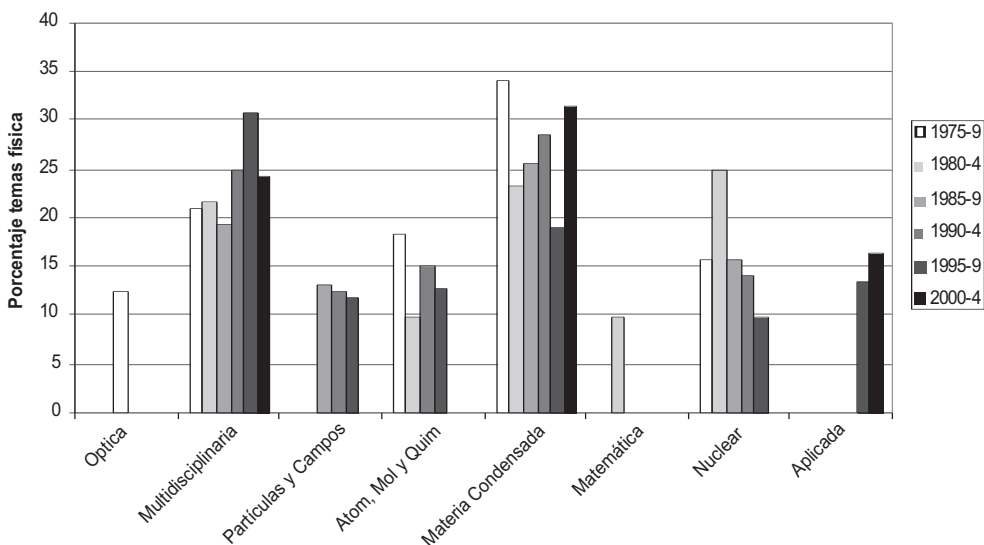
La figura 6 muestra de manera más que gráfica, la relevancia de una co-autoría fuera de la región. Es importante destacar que en su mayoría, estos terceros países pertenecen al Primer Mundo. Mayores niveles de citación de los trabajos en co-autoría internacional han sido señalados previamente con respecto a instituciones de la región, tanto en las ciencias como en las disciplinas sociales y humanísticas (Russell, Ainsworth y Narváez-Berthelemot, 2006).

El número promedio de citas de estas publicaciones es menor de 20 con excepción de los trabajos donde participa Paraguay y al menos un país fuera de la región, que es de 31; además que la mediana del número de citas es igual o menor a 5 en todos los casos. Estos datos indican que el número de citas no es muy grande para este universo de publicaciones. Por lo tanto, una medida como h constituye un indicador más representativo de lo que sucede con la posible repercusión de estos trabajos de colaboración en el ámbito internacional.

3.4 Disciplinas de la colaboración intra-regional

Los temas más tratados por el trabajo intra-regional son en las áreas de la Biología, la Salud, la Física y la Química (figura 7). A partir de la última década todas las áreas manifestaron un marcado repunte. En el último quinquenio la Biología Aplicada aumentó notablemente alcanzando el nivel más alto de todas las áreas. Un trabajo reciente señala las áreas de Medicina Clínica, Biomedicina, y Física como las más estudiadas entre 1999 y 2002, por América Latina en revistas de corriente principal (Sancho et al., 2006).

Figura 7
Porcentaje de categorías temáticas de los trabajos en el área de la Física por períodos de cinco años



Nota: Período 1975-1994; N = 504. Período 1995-2004; N = 2.110.

Con respecto a las disciplinas de los trabajos donde la intervención de países de fuera de la región ha tomado especial importancia en años recientes, éstos están presentes en más del 50% de las colaboraciones intra-regionales totales entre 2000 y 2004 en la Investigación Médica y en las Ciencias del Universo (tabla I). En cambio, la colaboración entre los países latinoamericanos en la investigación en Química, y en Ingeniería demuestra más autonomía donde la intervención de países extra-regionales representa el 22,2% y el 23,0% del total, respectivamente, en el mismo período. En la última década, las disciplinas de las Ingenierías y las Matemáticas demuestran mayores niveles de autonomía regional; en cambio, Biología Fundamental señala lo contrario. El incremento general que se notó en el porcentaje de trabajos intra-regionales donde intervienen países de fuera de la región, para los años 1975 a 1994, no se mantuvo en todas las disciplinas a partir de 1995.

Tabla I
Evolución porcentual de la colaboración de países de la región con Argentina
y/o Brasil, por períodos de cinco años, porcentaje

	<i>1975-79</i>	<i>1980-84</i>	<i>1985-89</i>	<i>1990-94</i>	<i>1995-99</i>	<i>2000-04</i>
Uruguay	61,1	61,9	60,0	70,6	74,0	73,4
Paraguay	100,0	100,0	50,0	73,3	73,7	77,1
Chile	53,1	65,4	69,5	64,4	65,6	62,6
Ecuador	42,9	53,8	40,0	23,3	23,5	55,9
Colombia	38,1	46,8	34,6	40,7	53,3	52,9
Venezuela	54,5	61,9	47,4	58,8	47,7	43,9
Bolivia	50	33,3	33,3	52,2	54,9	42,5
México	57,4	55,0	42,7	40,5	43,1	42,4
Costa Rica	18,8	25,0	26,2	27,7	36,4	35,3
Cuba	0	11,1	33,3	33,3	29,8	29,2
Guatemala	0,0	53,8	23,1	17,9	13,0	14,0

3.5 La colaboración intra-regional en Física

La evolución de las categorías en Física a la que pertenecen los artículos que contienen al menos un 10% de la producción en el correspondiente período de 5 años, se muestra en la figura 8. Para una correcta interpretación de esta figura, es preciso mencionar que el número de registros correspondientes al primer periodo de 20 años, 1975-1994, es 504, mientras que para el período de los últimos 10 años, 1995-2004, corresponde a un total de 2.110. Se subraya el carácter oscilante en el área de Física, de la Materia Condensada donde los trabajos publicados en el período 1975-79 eran más del 30% mientras que en siguiente periodo 1980-84 alcanzó menos del 25%, le sigue un período de diez años de crecimiento relativo a la contribución de las otras áreas para caer nuevamente en el periodo 1995-99 y finalmente observamos un rápido crecimiento en el último periodo. Claramente esta categoría es la de mayor contribución en las colaboraciones intra-regionales en el área de Física. Contrasta este comportamiento con la pérdida de contribuciones relativas de los trabajos en la categoría Física Nuclear donde en un principio presenta un crecimiento relativo para después disminuir y en el último periodo, 2000-04, caer a menos del 10%. Cabe destacar que la formación de físicos nucleares en la década de los 70 en los países latinoamericanos tuvo un auge (Morán López, 2000) y que la abrupta caída de la investigación nuclear se puede atribuir a la disminución de los presupuestos para plantas nucleares en la región y al desencanto de esta tecnología. Otro punto importante a destacar es el crecimiento relativo de los trabajos en la categoría de Física Aplicada, ya que puede ser un indicador de que la Física en la región puede estar llegando a un estadio de maduración que la conlleve a tener una mayor relación con el sector productivo de base tecnológica. La importancia de Brasil, México, y Argentina en este campos concuerda con el número de doctores en Física en cada país de acuerdo con Morán López (Morán López, 2000).

Tabla II
Número de publicaciones en colaboración puramente intra-regional (intra) e intra-regional con países fuera de la región (extra) por disciplina y por períodos de cinco años

	<i>Regional</i>	<i>1975-79</i>	<i>1980-84</i>	<i>1985-89</i>	<i>1990-94</i>	<i>1995-99</i>	<i>2000-04</i>
Física	Intra	31	34	83	198	491	717
	Extra	4	21	22	70	247	341
Química	Intra	15	26	46	114	439	724
	Extra	1	2	7	36	106	207
Matemática	Intra	5	6	8	19	70	125
	Extra	1	2	3	12	13	47
Ingeniería	Intra	5	9	13	19	96	211
	Extra	0	7	6	9	37	63
C Universo	Intra	11	18	34	84	144	289
	Extra	7	9	30	80	165	332
Biol Aplic	Intra	71	96	103	179	445	787
	Extra	24	48	54	108	251	590
Biol Fund	Intra	56	74	94	168	334	546
	Extra	12	24	27	89	216	388
Inv Med	Intra	56	109	80	105	290	461
	Extra	26	70	62	136	282	599

Por otra parte, en la figura 9 se observan las organizaciones con contribuciones mayores al 10% en el periodo analizado. Dos instituciones, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y la Universidad de São Paulo (USP) tienen una presencia de más del 10% en todo el periodo, caso similar sucede para la Universidad Nacional de La Plata de Argentina (UNLP) que tiene esa contribución con excepción del período 2000-04. Claramente la contribución de la Comisión Nacional de Energía Atómica de Argentina, decae en el tiempo en concordancia con lo que ya vimos en la Figura 8. En el área de Física, las colaboraciones del Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas ha suplantado el papel de la USP en los últimos años. Hecho similar sucede con el Instituto Politécnico Nacional (IPN) de México que ha incrementado su participación en estas colaboraciones con respecto a la UNAM en los últimos 10 años. Aspecto también digno de mención es el hecho de que mientras cinco instituciones brasileñas y cuatro argentinas han participado con más del 10% de las colaboraciones en diferentes lustros, dos instituciones mexicanas lo han hecho y solamente una chilena y otra cubana han tenido una relevancia similar. La fuerte

Tabla III
Instituciones latinoamericanas con más de 10% de producción en el área
de la Física por períodos de cinco años

	1975-79	1980-84	1985-89	1990-94	1995-99	2000-04
ARG-COM N ENER ATOM	21,05	15,00	25,66	17,41		13,01
ARG-UNIV NACL LA PLATA	21,05	35,00	25,66	15,70	11,87	
ARG-CONICET	15,79					
ARG-UNIV BUENOS AIRES					11,51	
BRA-UNIV SAO PAULO	15,79	40,00	22,12	14,68	10,91	11,29
BRA-UNIV EST CAMPINAS	13,16		17,70	17,75		
BRA-CTR BRAS PESQ FIS			11,50	11,60	18,82	15,83
BRA-UNIV FED RIO G SUL	13,16					
BRA-PUC RIO JAN	10,53					
CUB-UNIV LA HABANA				10,62		
CHL-UNIV CHILE					12,35	14,89
MEX-IPN		11,67			25,06	19,44
MEX-UNAM	21,05	23,33	15,04	11,26	12,35	12,33
VEN-IVIC	10,53	11,67				

ARG-COM N ENERGIA ATOM Comisión Nacional de Energía Atómica-Argentina (incluye Centro Atómico Bariloche e Inst Balseiro que dependen de ella).

ARG-UNIV NACL LA PLATA Universidad Nacional de La Plata.

ARG-CONICET Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

ARG-UNIV BUENOS AIRES Universidad de Buenos Aires.

BRA-UNIV SAO PAULO Universidade de São Paulo.

BRA-UNIV EST CAMPINAS Universidade Estadual de Campinas.

BRA-CTR BRAS PESQ FIS Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (fundado 1949).

BRA-UNIV FED RIO G SUL Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BRA-PUC RIO JAN Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

CUB-UNIV LA HABANA Universidad de La Habana.

CHL-UNIV CHILE Universidad de Chile.

MEX-IPN Instituto Politécnico Nacional (Incluye CINVESTAV).

MEX-UNAM Universidad Nacional Autónoma de México.

VEN-IVIC Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas.

presencia de las instituciones brasileñas y argentinas en Física se vincula con el dominio de las colaboraciones bilaterales entre estos dos países en lo que se refiere a las colaboraciones intra-regionales en general.

4 Conclusiones

Es evidente del presente análisis que la colaboración entre los países de América Latina cada vez cobra más importancia siguiendo las tendencias que existen en todo el mundo. De acuerdo con Lazcano (1997) el desnivel encontrado en la participación de los diferentes países en las colaboraciones científicas no debe ser sorprendente en una región donde coexisten modernidad y bienestar con extrema pobreza. A través de vínculos autónomos, los países de la región y en particular los más desarrollados, han sabido superar las condiciones poco favorables que predo-

minan para el desarrollo y competencia científica. La integración regional como proceso de acción colectiva permite respaldar y consolidar la estrategia de crecimiento económico y desarrollo institucional y social de la región en el marco de la globalización. Según Iglesias, en este sentido América Latina ha demostrado ser un líder mundial del nuevo regionalismo, ya que la integración regional va más allá del comercio y ofrece posibilidades de cooperación que no pueden ser generadas por relaciones puramente comerciales ajenas a la lógica histórica y cultural de la «vecindad». No obstante, después de más de una década de sucesos sin precedentes los acuerdos de integración de América Latina y el Caribe se encuentran estancadas y los acuerdos bilaterales en particular los de índole Norte-Sur dominan el escenario (Iglesias, 2005).

Los resultados de nuestro análisis muestran una colaboración científica dinámica y creciente entre los países de América Latina, la cual es cada vez más rigurosa y con mayor visibilidad a nivel internacional. Encontramos algunos indicios de que los acuerdos regionales tienen un efecto positivo en la colaboración científica intra-regional, no obstante es posible contemplar que los países con antecedentes de colaboración por su cercanía geográfica, por compartir raíces históricas y culturales, o por tener intereses o metas en común, son aquellos que refuerzan y formalizan sus vínculos a través de la firma de acuerdos regionales. A pesar de esta progresiva integración y cooperación a nivel regional, no cabe duda del papel determinante que siguen jugando los países de fuera de la región, primordialmente los europeos y los de América del Norte, en la actividad científica de la región. Esta inherencia es más significativa para los países más pequeños de la región, reforzando así la trascendencia de la colaboración Norte-Sur, aun en las colaboraciones entre dos o más países latinoamericanos.

Agradecimientos

Este trabajo recibió el apoyo de la Secretaría de Desarrollo Institucional de la Universidad Nacional Autónoma de México, Programa Transdisciplinario en Investigación y Desarrollo para Facultades y Escuelas, Unidad de Apoyo a la Investigación en Facultades y Escuelas, a través de su Macroproyecto: Tecnologías para la Universidad de la Información y la Computación: Línea de Observatorio Informétrico. Agradecemos el apoyo técnico de M.C. Ricardo Ciria.

Bibliografía

- BATISTA, P. D.; CAMPITELI, M. G.; KINOCHI, O.; MARTINEZ, A. S. (2005). *An index to quantify an individual's scientific research valid across disciplines*. <http://arxiv.org/abs/physics/0509048> [4 de octubre de 2006].
- CETTO, A. M.; VESSURI, H. (1998). Latin America and the Caribbean. En: *Status of World Science*. UNESCO/Elsevier: París, 55-75.

- CORTÉS, H. D.; DEL RÍO, J. A.; GARCÍA, E. O. (2005). Web implementation of entropy-like algorithms for citation mining. *WSEAS Transactions on Information Science and Applications*, 9 (2), 1430-1437.
- CORTÉS, H. D.; DEL RÍO, J. A.; GARCÍA, E. O.; ROBLES, M. (2006). Web application to profiling scientific institutions through citation mining. *Enformatika*, 14, 419-423.
- FERNÁNDEZ, M. T.; GÓMEZ, I.; SEBASTIÁN, J. (1998). La cooperación científica de los países de América Latina a través de indicadores bibliométricos. *Interciencia*, 23 (6), 328-337.
- GUPTA, B. M.; MUNSHI, U. M.; MISHRA, P. K. (2004). Regional collaboration in S & T among South Asian countries. *Annals of Library and Information Studies*, 51 (4), 121-132.
- HIRSCH, J. E. (2005). *An index to quantify an individual's scientific research output*. <http://arxiv.org/abs/physics/0508025> [3 de octubre de 2006].
- IGLESIAS, E. V. (2005). *Cuatro décadas e integración regional en América Latina y el Caribe. Perspectivas de la integración en América Latina y el Caribe a comienzos del siglo XXI. Los 40 años de la creación del INTAL*. Buenos Aires, 24 de agosto. http://www.iadb.org/intal/aplicaciones/uploads/ponencias/Foro_intal_2005_13_Iglesias.pdf [13 de junio de 2006].
- LAZCANO, A. (1997). Los retos de la ciencia en América Latina. *Microbiología SEM*, 13, 7-8.
- LE RAPPORT OST (2004). <http://www.obs-ost.fr/nomenclaturesfinal.pdf> [15 de enero de 2006].
- LEWISON, G.; FAWCETT-JONES, A.; KESSLER, C. (1993). Latin American scientific output 1986-91 and international co-authorship patterns. *Scientometrics*, 27 (3), 317-336.
- LUNA-MORALES, M. E.; COLLAZO-REYES, F. (2007). Las revistas latinoamericanas y caribeñas en los rankings de la ciencia internacional/Latin American and Caribbean Journals in International Science Rankings. Aceptado para su publicación en la *Revista Española de Documentación Científica*.
- MORÁN-LÓPEZ, J. L. (2000). Physics in Latin America comes of age. *Physics Today*, 53 (10), 38-43.
- NARVÁEZ-BERTHELENOT, N. (1994). La actividad del grupo de los tres en la colaboración científica internacional. *Integración Ciencia y Tecnología*, 1 (1), 33-38.
- NARVÁEZ-BERTHELENOT, N.; RUSSELL, J. M.; VEHLO, L. (1999). Scientific collaboration of the Mercosur countries as an indicator of regional activity. *Research Evaluation*, 8 (2), 83-90.
- PERSPECTIVAS DE LA ECONOMÍA MUNDIAL (2005). *América Latina y el Caribe. Hechos destacados en la región*. [http://wbln0018.worldbank.org/LAC/LACInfoClient.nsf/8d6661f6799ea8a48525673900537f95/cb3531f1a61b25ef85256f4a007706d4/\\$FILE/GEP2005_LAC_Highlights_spa.pdf](http://wbln0018.worldbank.org/LAC/LACInfoClient.nsf/8d6661f6799ea8a48525673900537f95/cb3531f1a61b25ef85256f4a007706d4/$FILE/GEP2005_LAC_Highlights_spa.pdf) [13 de junio de 2006].
- RED DE INDICADORES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (RICYT). Iberoamericana e Interamericana. *El Estado de la Ciencia 2004. Indicador 26. Publicaciones en SCI SEARCH*. <http://www.ricyt.org/indicadores/comparativos/26.xls> [15 de febrero de 2006].
- ROCHE, I; POLANCO, J. (2004). Producción de datos bibliométricos sobre América Latina en la base de datos multidisciplinaria PASCAL. Dos estudios subregionales: el MERCOSUR y los Países Andinos. *VI Taller de Indicadores de Ciencia y Tecnología*. Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT). Iberoamericana e Interamericana. Buenos Aires, Argentina, 15 al 17 de septiembre. http://www.ricyt.edu.ar/interior/normalizacion/VI taller/S5_produc/Roche_Polancodoc.pdf [16 de agosto de 2006].

- RUSSELL, J. M.; AINSWORTH, S.; NARVÁEZ-BERTHELEMOT, N. (2006). Colaboración científica de la Universidad Nacional Autónoma de México y su política institucional. *Revista Española de Documentación Científica*, 29 (1), 54-71.
- SANCHO, R.; MORILLO, F.; DE FILIPPO, D.; GÓMEZ, I.; FERNÁNDEZ, M. T. (2006). Indicadores de colaboración científica inter-centros en los países de América Latina, *Interciencia*, (4), 284-292.
- SIDIROPOULOS, A.; KATSAROS, D.; MANOLOPOULOS, Y. (2006). Generalized h-index for disclosing latent facts in citation networks. <http://arxiv.org/abs/cs.DL/0607066> [4 de octubre de 2006].
- VAN RAAN, A. F. J. (2006). Comparison of the Hirsch-index with standard bibliometric indicators and with peer judgment for 147 chemistry research groups. <http://arxiv.org/abs/physics/0511206> [4 de octubre de 2006].