

Desarrollo científico en Costa Rica: un análisis bibliométrico a través del *Science Citation Index*, durante el período 1980-1998.

Bruno Lomonte^{1,2} y Shirley Ainsworth³

¹ Instituto Clodomiro Picado, Facultad de Microbiología, Universidad de Costa Rica

² Academia Nacional de Ciencias, Costa Rica (blomonte@cariari.ucr.ac.cr)

³ Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuernavaca, México

RESUMEN

En el presente estudio se analizó la producción científica de Costa Rica que alcanzó la corriente principal de la literatura internacional, representada en el *Science Citation Index*, durante los años 1980-1998. Se recopiló un total de 1.936 referencias, distribuidas en 627 revistas. Su análisis global mostró una actividad ligeramente creciente (5,8% de incremento anual promedio) que alcanzó alrededor de 150 publicaciones anuales en los últimos 3 años. La distribución de áreas temáticas mostró un aporte mayoritario en las ciencias biomédicas (40%), seguido por las ciencias biológicas (24,5%), ciencias agronómicas (16,5%), química (10%), física (4,7%), geología (2,9%) y matemáticas (2,2%). El índice de impacto promedio anual de las revistas utilizadas fluctuó entre 1,5 y 3,5 durante el período, con un promedio general de 2,3. La Universidad de Costa Rica constituyó la institución más productiva, con un aporte del 55,8% al total de publicaciones. El 37,7% de las publicaciones fueron realizadas exclusivamente por investigadores de instituciones costarricenses, aunque este parámetro mostró una clara tendencia a disminuir a lo largo del período estudiado. El número de publicaciones por mil habitantes indica que la productividad científica de Costa Rica es comparable con la de naciones que poseen una actividad científica absoluta mucho mayor en la región Latinoamericana, tales como Brasil, México y Venezuela.

INTRODUCCIÓN

La creación y mantenimiento periódico de grandes bases de datos electrónicas permite alcanzar altos niveles de eficiencia en la búsqueda y manejo de la información. A través de la informática aplicada a la documentación científica, la bibliometría proporciona una poderosa herramienta para el análisis cuantitativo y cualitativo de múltiples aspectos de las labores de investigación. Aunque no existe un método universalmente aceptado para medir la calidad de la producción científica, existen varias maneras de evaluar dicha producción. Estas incluyen: (a) un simple recuento del número de publicaciones; (b) su representación en bases de datos internacionales; (c) el nivel de colaboración internacional de sus autores; (d) la medición de su probable influencia en la comunidad científica a través del "índice de impacto"; (e) su impacto específico, medido por el número de veces que el trabajo ha sido citado por otros; y (f) la evaluación por pares. Estos análisis pueden ser aplicados a grupos determinados, sean estos una nación, una universidad, un laboratorio, o un investigador individual (Garfield, 1972; O'Driscoll *et al.*, 1995; Leta *et al.*, 1998).

Las bases de datos internacionales poseen ciertas limitaciones inherentes, e incluso algunos sesgos importantes, que deben tenerse presentes durante su empleo. Dada la multiplicidad de publicaciones periódicas existentes, se hace inevitable un proceso de selección para incluirlas en una base de datos. Una de las bases más importantes para las ciencias, el *Science Citation Index (SCI)*, es producida por el *Institute for Scientific Information (ISI)*, con sede en Filadelfia, EUA. Según análisis del *ISI*, un núcleo de aproximadamente 2.000 revistas abarca el 85% de los artículos publicados y el 95% de los artículos citados (Testa, 1997). Evidentemente, la selectividad para la inclusión de publicaciones periódicas en las distintas bases de datos, es el origen de sus más importantes limitaciones y sesgos. Los criterios de inclusión utilizados en las bases *SCI-ISI* han sido expuestos, e incluyen aspectos tales como puntualidad de la publicación, adhesión a las convenciones editoriales internacionales, utilización del idioma inglés (como mínimo para los títulos, resúmenes y palabras clave), aplicación de los procesos de evaluación externa por revisores expertos, representatividad geográfica y diversidad internacional de las contribuciones contenidas, y finalmente, cifras de citación (Testa, 1997).

Una proporción significativa de la producción científica de los países en vías de desarrollo está publicada en revistas que tienen poca representación dentro de las bases de datos internacionales, relegando esta labor al olvido, e implicando la marginación de los autores del discurso central de intercambio de información científica global (Gibbs, 1995; Russell, 1998). Se ha estimado que alrededor del 60% de los artículos científicos latinoamericanos están publicados en revistas locales que se encuentran marginadas, en su gran mayoría, de lo que constituye la corriente principal del conocimiento (Gaillard, 1989). Muchas revistas latinoamericanas (así como de otras regiones del tercer mundo) de circulación limitada, padecen de una falta de periodicidad o puntualidad, sin que ello

necesariamente refleje estándares de calidad científica bajos, sino tal vez como producto de entramamientos de orden burocrático u otras circunstancias independientes. Sin embargo, también es posible encontrar revistas locales que carecen de rigurosidad científica en sus procesos de evaluación, cuyos contenidos no constituyen un aporte de calidad al conocimiento. Otro sesgo, el dominio del idioma inglés en las ciencias, ha sido un tema debatido en muchos países, que afecta los procesos de selección. Aún con estas limitaciones del *SCI*, se enfatiza el hecho de que el presente estudio analiza trabajos científicos publicados en revistas internacionales de investigación, más que la producción total. El *SCI* en versión CD-ROM incluye 3.500 títulos de revistas, mientras que el *Science Citation Index Expanded*, disponible en línea, vía *web* en su versión *Web of Science*, abarca 5.600 títulos. La lista se puede consultar en la dirección <http://www.isinet.com/journals/journals.html>.

OBJETIVOS Y MÉTODOS

El presente estudio tiene como objetivo analizar la producción científica de Costa Rica que alcanza la corriente principal de la literatura internacional. Este puede ser considerado como uno de los parámetros importantes para evaluar su desarrollo científico. Hasta donde sabemos, no existen estudios previos de esta naturaleza sobre Costa Rica, aunque se han publicado varios trabajos que analizan la producción científica de Brasil, México, Argentina, Chile, y Venezuela, países que predominan en la región (véase por ejemplo Vogel, 1997; Rodulfodegil *et al.*, 1996; Welljams-Dorof, 1994; Russell, 1998; Friedrich y Rodrigues, 1998). Por tratarse de una nación pequeña y con una actividad científica bastante limitada, se hacía factible recopilar una masa de información que abarcara un período de años suficientemente amplio para permitir la realización de distintos análisis en un contexto de evolución temporal. Para esto se utilizó toda la información publicada y comprendida en el *SCI*, por parte de investigadores afiliados a instituciones de Costa Rica, en un período de diecinueve años. No se incluyó en este estudio el campo de las ciencias sociales, el cual, por su diferente naturaleza con respecto a las ciencias básicas, es abarcado por otras bases de datos (por ejemplo, el *Social Science Citation Index*).

La búsqueda de referencias bibliográficas se realizó utilizando como palabra clave "Costa Rica" en el campo correspondiente a la dirección (*address*), en las bases de datos anuales del *SCI-ISI* (Filadelfia, EUA) en discos ópticos de tipo CD-ROM. Estas abarcaron los años de 1980 a 1998, inclusive. Todas las referencias detectadas (no se hizo distinción en cuanto al tipo de publicación) se integraron y exportaron a un archivo acumulativo, el cual fue posteriormente importado por el programa de manejo bibliográfico *Reference Manager Professional Edition*, versión 8.01 (*Research Information Systems*, EUA). Este programa fue utilizado, finalmente, para extraer y analizar la distinta información de interés. Las interrogantes planteadas para el análisis de la información se enfocaron tanto en el aspecto

cuantitativo como cualitativo de las publicaciones científicas recopiladas. Para este último criterio se utilizó el índice de impacto (o factor de impacto, como a veces se refiere), que pretende medir el número de citas que se podría esperar recibieran cada año los artículos publicados en una revista específica. Dicho índice es calculado anualmente por el *ISI* para cada revista, tomando en cuenta el promedio de veces que los artículos publicados en los dos años anteriores han sido citados en el año en curso.

Para realizar el análisis de las áreas temáticas en que se ubicaron las publicaciones (dado que no hay una clasificación temática a nivel de artículo proporcionada por *ISI*), se examinó cada referencia y se asignó a una de las siguientes categorías: ciencias biomédicas, ciencias biológicas, ciencias agronómicas, ciencias geológicas, química, física o matemáticas. Los análisis restantes se realizaron con base en la utilización automática de las palabras clave apropiadas, aunque en algunos casos fue indispensable llevar a cabo un refinamiento manual de la información.

En términos generales, la meta más amplia de este trabajo es establecer un primer bloque de información objetiva sobre la labor científica que han desarrollado los investigadores de Costa Rica en las últimas dos décadas, al nivel internacional, que pueda ser de utilidad a las distintas organizaciones que se relacionan con la investigación en el país, y a los investigadores mismos, como parte de su formación y cultura general. Esperamos que la presente información contribuya, en alguna medida, a comprender mejor el desarrollo científico de Costa Rica, y a la toma de decisiones para promoverlo aún más.

RESULTADOS Y COMENTARIOS

La búsqueda de publicaciones en las bases del *SCI* de 1980 a 1998, utilizando la palabra clave "Costa Rica" en el campo de dirección de los autores, detectó un total de 1.936 referencias bibliográficas, las cuales se distribuyeron en 627 revistas diferentes. La lista completa de las referencias recopiladas se encuentra disponible en la dirección de internet: <http://cariari.ucr.ac.cr/~blomonte>.

Durante el transcurso del trabajo se pudo detectar un bajo número de errores, especialmente relacionados con el campo de dirección. Por ejemplo, se detectaron tres referencias que en su dirección correspondían a la universidad peruana "Cayetano Heredia", la cual aparecía digitada como "Heredia, Costa Rica" en la base. Revisando la información de estas citas, no se encontró ningún indicio de relación con instituciones ni con investigadores costarricenses, por lo que asumimos que la captación de estas referencias en la base de datos constituye un error de los productores del *SCI*. Asimismo, se detectaron cuatro referencias de la ciudad de San José de California, las cuales aparecían como "San José, Costa Rica" en la dirección. En términos generales, pudo observarse un cierto margen de errores tipográficos (por ejemplo, Costa "Rico" y Costa Rica en una misma dirección), presuntamente

generados durante el proceso de digitación de la información por parte del *ISI*, aunque no puede descartarse la posibilidad de que dichos errores se originen desde las fuentes primarias de la información (errores de las revistas). Sin embargo, el margen de error detectado parece ser sumamente bajo (inferior al 0,5%), y comparable con el descrito en estudios similares (Rodulfodegil *et al.*, 1996).

1. Aspecto cuantitativo de la producción científica y su tendencia.

Como primer parámetro del análisis, se investigó el comportamiento del número total de publicaciones por año, durante el período estudiado (Fig.1). Se observó una caída inicial desde aproximadamente 100 publicaciones en 1980, hasta unas 60 publicaciones en 1981, nivel que aumentó gradualmente durante la década de 1980, oscilando entre 60 y 90 publicaciones por año. Durante la década de 1990, se observó un incremento mayor en la productividad anual, llegando a cifras que oscilan alrededor de los 150 artículos por año, en los últimos tres años. La tendencia general del número de publicaciones mostró una tasa promedio de crecimiento del 5,8% anual (Fig.1).

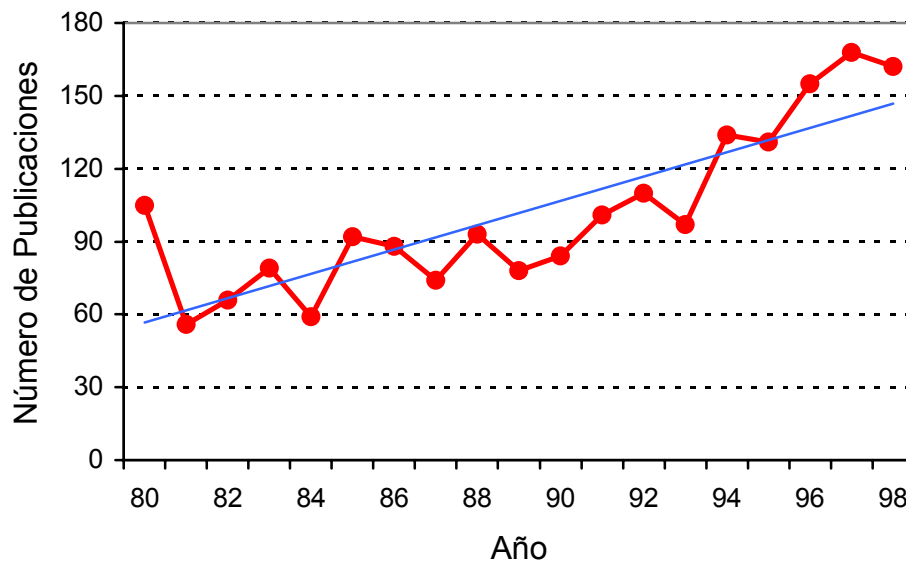


Figura 1: Publicaciones de autores de instituciones costarricenses, incluidas en el *Science Citation Index*, durante 1980-1998. Los puntos (línea roja) representan el total de publicaciones en el año respectivo. La línea azul representa la tendencia general, obtenida mediante una regresión lineal simple de las 19 observaciones.

Se investigó las posibles causas de la disminución en el número de publicaciones observada entre 1980 y 1981. Al respecto se encontró que durante

1980, dos revistas costarricenses estaban incluidas en el *SCI*: "Agronomía Costarricense" (aportando 30 publicaciones en dicho año) y "Turrialba" (aportando 18 publicaciones). Estas revistas fueron posteriormente excluidas del *SCI* en CD-ROM, en 1980 y 1982, respectivamente. Si se suma el aporte de ambas revistas a la cifra anual para 1980, se puede explicar la disminución que prosiguió, dado que para dicho año, una proporción importante de las publicaciones estaba formada por estas dos revistas costarricenses.

La inspección de las referencias recopiladas mostró que, en una baja proporción, las mismas podían corresponder a cartas al editor, resúmenes de presentaciones en congresos, o revisiones bibliográficas, en vez de ser artículos originales de investigación. La Figura 2 resume la distribución de las publicaciones según el tipo de documento, a lo largo del período. El porcentaje global de artículos de investigación es de 75%, y para 1998 el 90,7% de las referencias corresponde a artículos, cifra que se puede considerar muy positiva. Dada la baja frecuencia de publicaciones distintas a los artículos de investigación en el contexto total de la información recopilada, y considerando que las mismas también constituyen aportes de importancia al acervo científico publicado, se decidió no excluirlas del estudio.

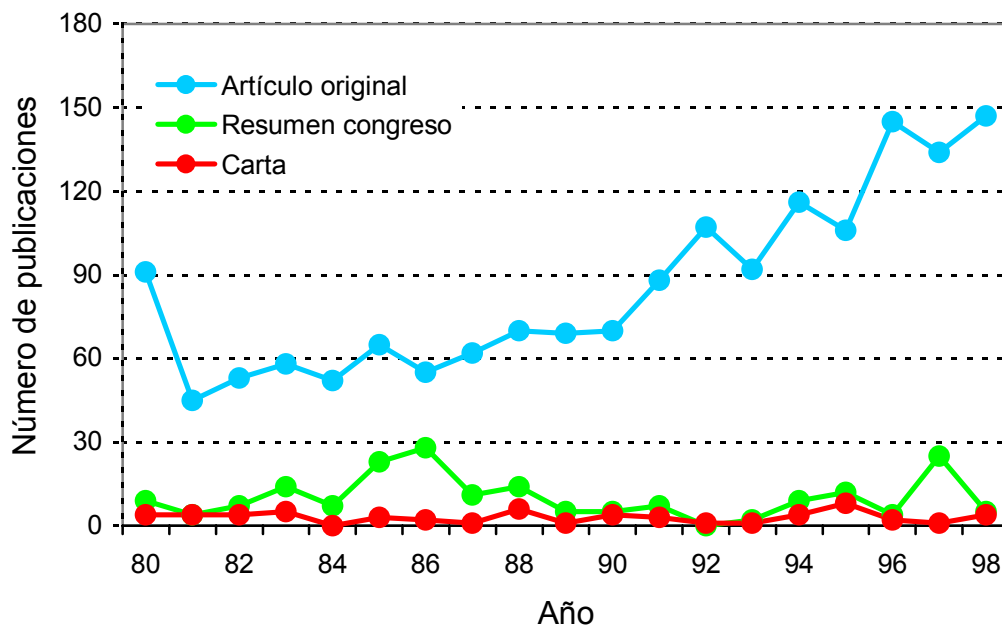


Figura 2: Publicaciones de autores de instituciones costarricenses durante 1980-1998 (*SCI*) según tipo de documento: artículos originales de investigación, resúmenes en congresos, o cartas al editor. Otros tipos de documentos hallados en bajo número incluyeron artículos de revisión, correcciones, editoriales y notas biográficas.

2. Distribución temática de las publicaciones y sus tendencias.

Se realizó un análisis de las publicaciones según su área temática, dividiéndolas para este fin en siete categorías. Las publicaciones en el campo de las ciencias biomédicas constituyeron el bloque temático predominante, con casi un 40% del total (Fig.3). Le siguieron, en orden descendente, el área de las ciencias biológicas con el 24,5%, y el de las ciencias agronómicas con un 16,5%. Las publicaciones sobre química alcanzaron un 10%, mientras las restantes fracciones se distribuyeron en los campos de la física (4,7%), la geología (2,9%) y las matemáticas (2,2%).

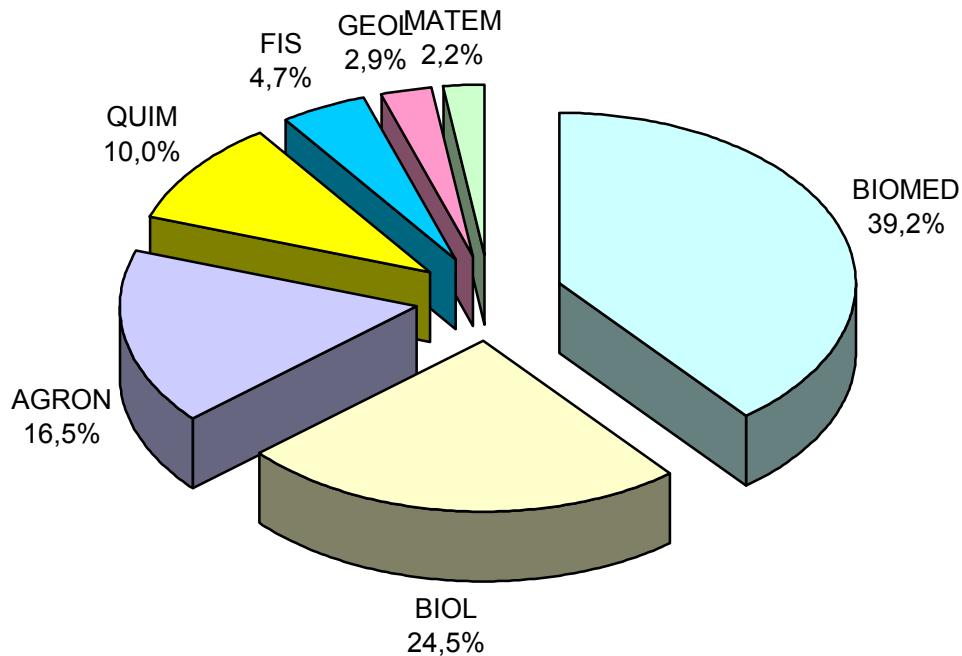


Figura 3: Distribución de las publicaciones científicas (1980-1998) según su área principal. BIOMED: ciencias biomédicas; BIOL: ciencias biológicas; AGRON: ciencias agronómicas; QUIM: química; FIS: física; GEOL: geología; MATEM: matemáticas.

Utilizando las fechas de publicación y la distribución temática, se analizó el comportamiento temporal del número de artículos correspondiente a cada disciplina y su tendencia general (Fig.4). Las áreas de ciencias biomédicas y ciencias biológicas experimentaron el mayor crecimiento en el número de publicaciones, especialmente en los años más recientes. En contraste, las ciencias agronómicas mostraron una disminución en este parámetro, muy marcada en el inicio del período estudiado, llegando a sus niveles más bajos entre 1987 y 1990, con una leve recuperación en los últimos dos años. El análisis de la tendencia general confirmó

que las ciencias agronómicas fueron la única área temática con decrecimiento (Fig.4). Por otra parte, el número de publicaciones en química y en física experimentó crecimiento, más marcado en los últimos tres años, mientras las publicaciones en matemáticas y ciencias geológicas se mantuvieron en un nivel bajo, pero estable.

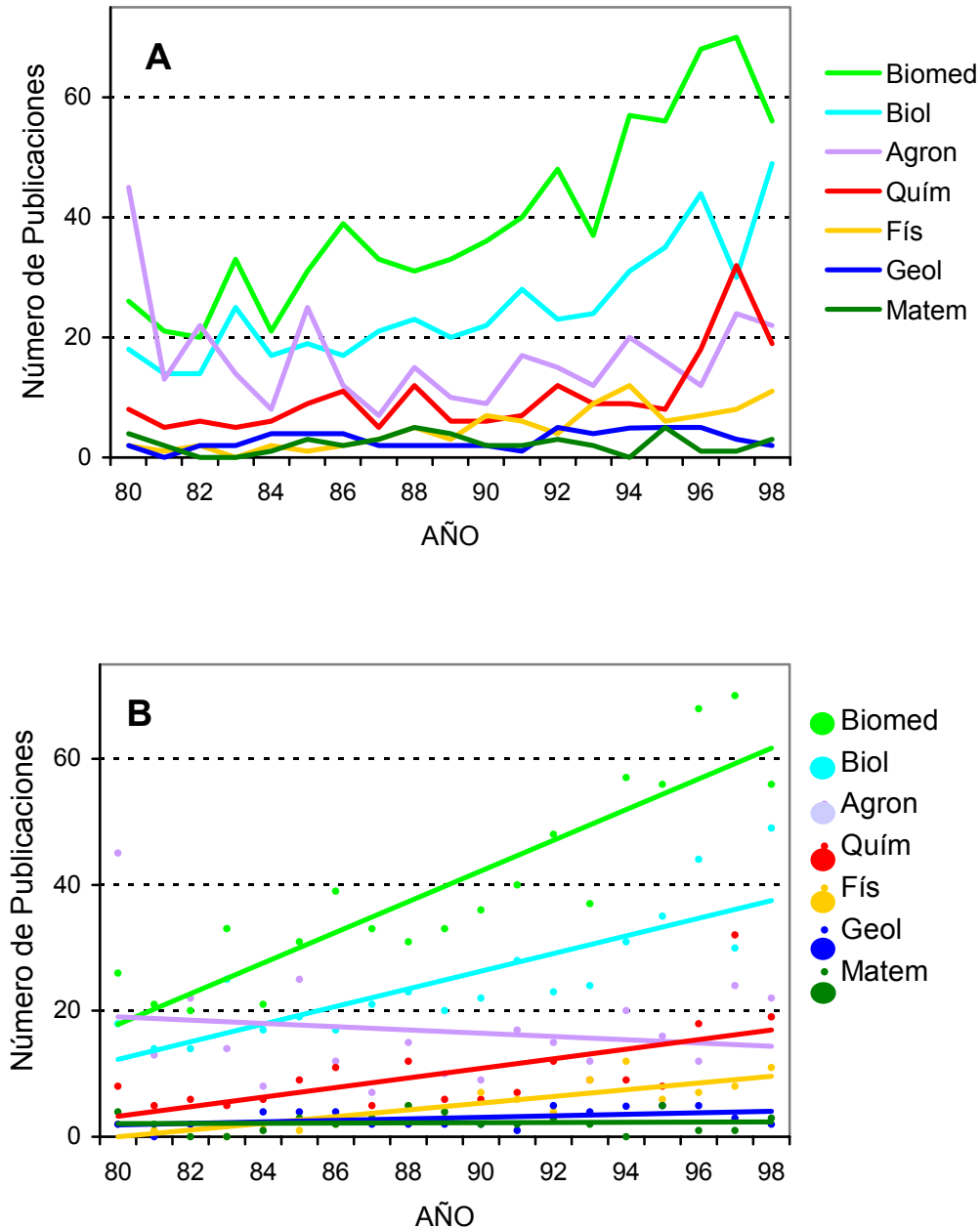


Figura 4: Número de publicaciones de autores de instituciones costarricenses, según su área temática principal, durante 1980-1998 (SCI). (A) Evolución temporal en cada área; (B) Tendencias generales. Las líneas corresponden a una regresión lineal simple de las 19 observaciones en cada área temática.

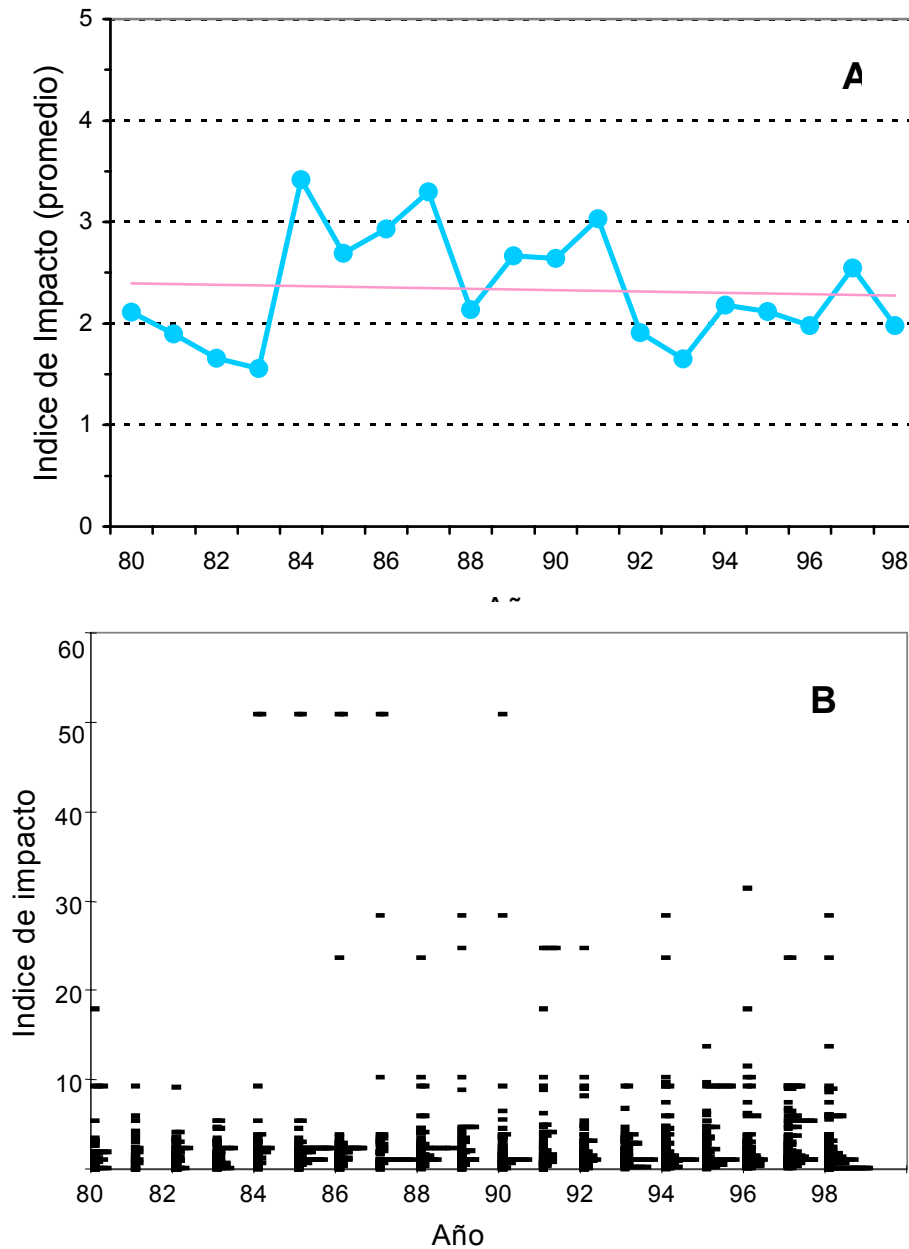


Figura 5: Análisis de los índices de impacto de las publicaciones de investigadores de instituciones costarricenses durante 1980-1998. (A) Evolución temporal del índice de impacto promedio, con base en los valores dados por el SCI para cada revista en el año 1996. Cada punto representa el promedio del año correspondiente. La línea roja representa la tendencia general, obtenida mediante una regresión lineal simple de las 19 observaciones. (B) Distribución individual de los valores de índice de impacto.

3. Aspecto cualitativo de la producción científica y su tendencia.

Como se mencionó, la calidad de un trabajo científico es probablemente imposible de medir con exactitud a través de sistemas numéricos, y entre los criterios que se han tratado de desarrollar para estimarla, el más comúnmente utilizado es el índice de impacto de las revistas. Al calcular el índice de impacto promedio para las publicaciones recopiladas en cada año del período estudiado, los valores fluctuaron entre 1,5 y 3,5, con una tendencia general prácticamente estable, alrededor del índice promedio general de 2,3 (Fig.5). Este promedio se compara favorablemente con cifras descritas para las ciencias biológicas, por ejemplo, en los países más productivos de América Latina, en un estudio en el cual se encontró, en el quinquenio de 1987-1991, promedios de 1,32 para Argentina, 1,19 para Brasil, 1,27 para Chile, y 1,92 para Venezuela (Welljams-Dorof, 1994).

Los valores de índice de impacto mostraron una amplia heterogeneidad en el análisis de la distribución individual de las publicaciones (Fig.5). En general, aunque se detectó un número apreciable de artículos en revistas de alto índice de impacto, la mayor parte se ubicó muy cerca del valor promedio general. Podría decirse que tanto el índice de impacto promedio, como su consistencia a lo largo del período analizado, reflejan una buena calidad global de las publicaciones.

El impacto de las publicaciones en la distribución según su área temática (Fig.6) destacó la contribución de las ciencias biomédicas, en la cual 748 artículos sumaron más de 2.500 puntos del índice de impacto. Las áreas de biología y química también se mostraron importantes, ya que aún contando con un menor número absoluto de publicaciones, mostraron un impacto acumulado considerable.

4. Costa Rica y las colaboraciones internacionales.

En congruencia con los modelos contemporáneos de investigación colaborativa, las publicaciones contaron con la autoría de múltiples investigadores, en muchos casos afiliados a instituciones de varios países. El análisis de las publicaciones en que participaron autores de países extranjeros se resume en la Figura 7, la cual destaca el predominio del número de publicaciones realizadas en conjunto con investigadores de instituciones de los EUA, seguido en orden de importancia por Suecia, México, Canadá, Inglaterra y Francia. Es notable la magnitud de la diferencia entre el número de publicaciones conjuntas con investigadores de los EUA (37% de todas las referencias), en comparación con la siguiente posición, ocupada por Suecia (4%) y las sucesivas (nótese la escala logarítmica de la Fig.7). También es notable la amplia heterogeneidad de naciones involucradas en la coautoría de las publicaciones recopiladas (Fig.7).

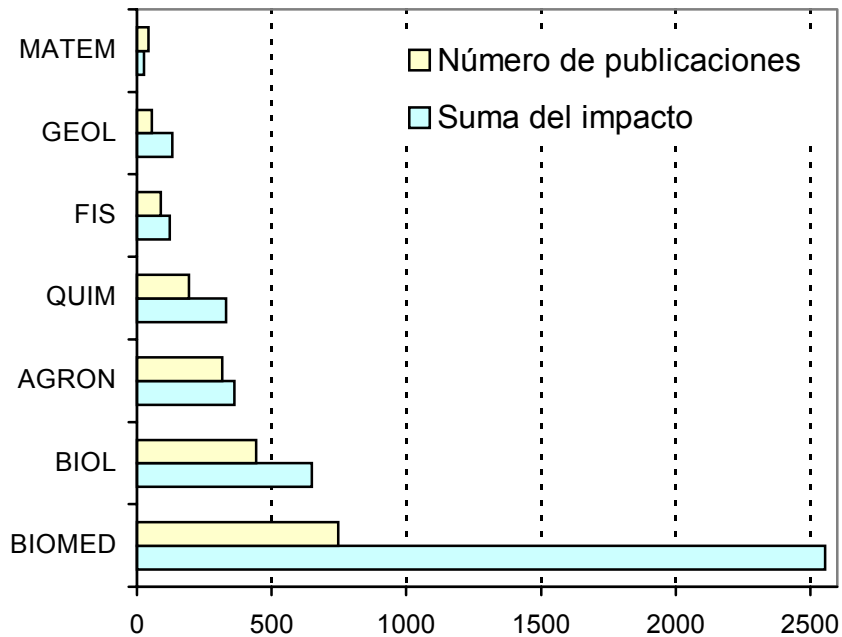


Figura 6: Suma del índice de impacto de las publicaciones en cada área temática, en relación con el número de publicaciones en el período 1980-1998 (SC/).

Las cifras sobre colaboración internacional en las publicaciones que involucran a Costa Rica parecen reflejar, en cierta medida, la proporción global de los aportes al conocimiento científico por parte de países desarrollados (ej. EUA, Inglaterra, Francia), pero sugieren también un claro componente de cooperación regional (caso de México), y probablemente la influencia de programas específicos de ayuda foránea para el desarrollo científico. Tal es posiblemente la explicación para que Suecia ocupe el segundo lugar de la lista (Fig.7), ya que en los últimos doce años la región centroamericana se ha beneficiado por un programa de formación de recursos humanos en el campo de las ciencias biomédicas, auspiciado por la agencia sueca SAREC a través del Instituto Karolinska. De las 78 publicaciones realizadas en conjunto con autores de Suecia, más de un tercio correspondieron a artículos de investigadores de instituciones costarricenses que realizaron sus estudios de posgrado en dicho programa. Casos similares podrían ser las colaboraciones con Alemania, Holanda, Canadá y Japón, países que han mantenido importantes programas de cooperación científica y tecnológica con Costa Rica.

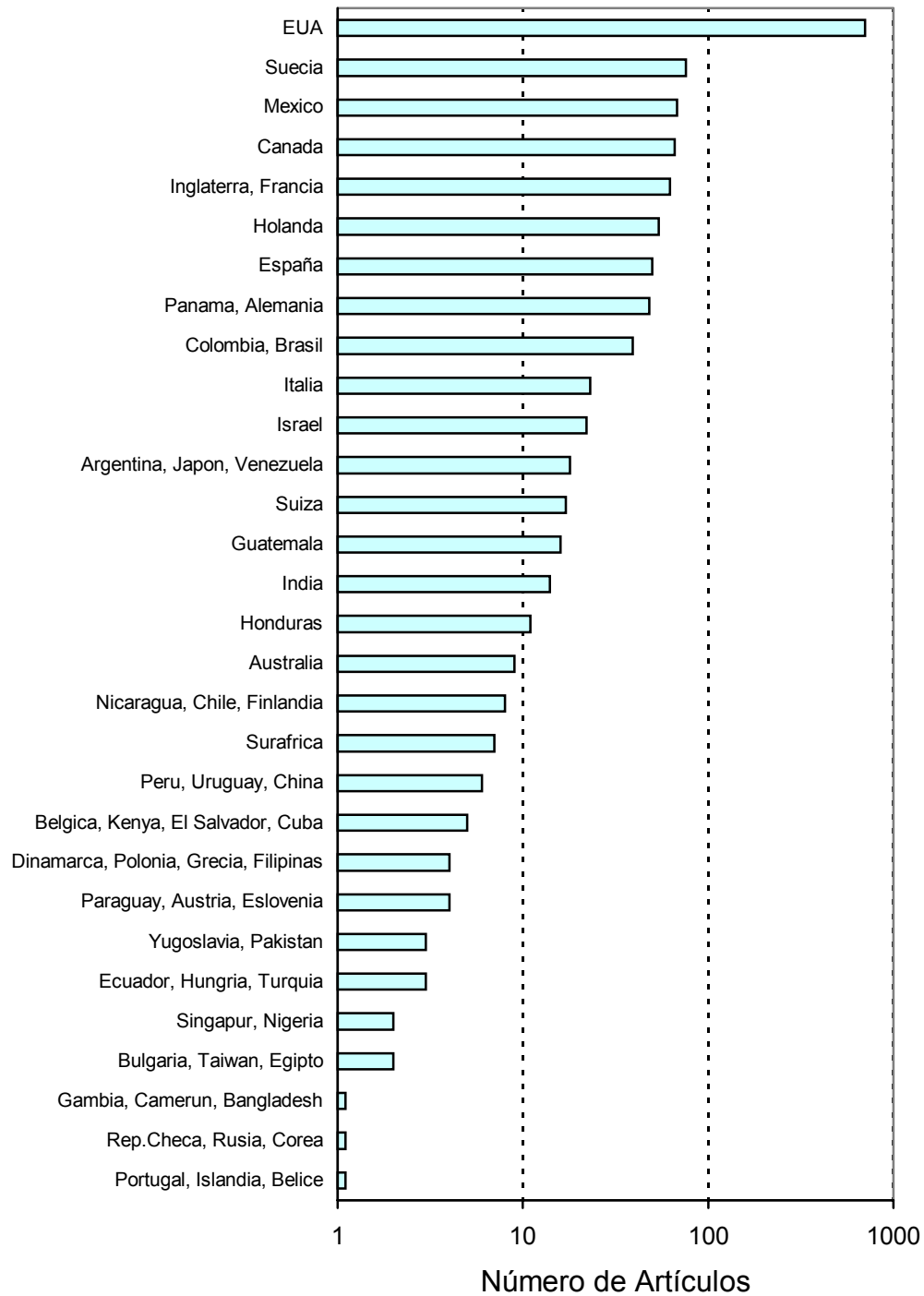


Figura 7: Número de artículos publicados por autores de instituciones costarricenses en colaboración con autores de instituciones extranjeras, durante 1980-1998 (SCI).

Al analizar las publicaciones colaborativas con investigadores afiliados a instituciones extranjeras, en forma global, se encontró que estas representaron el 62,3% del total recopilado, frente a un 37,7% de publicaciones realizadas por investigadores afiliados solamente a instituciones de Costa Rica (Fig.8). Sin embargo, el análisis de esta proporción a lo largo del período estudiado indicó una clara tendencia hacia las publicaciones con coautoría de investigadores extranjeros, las cuales alcanzaron alrededor del 80% para 1998 (Fig.8).

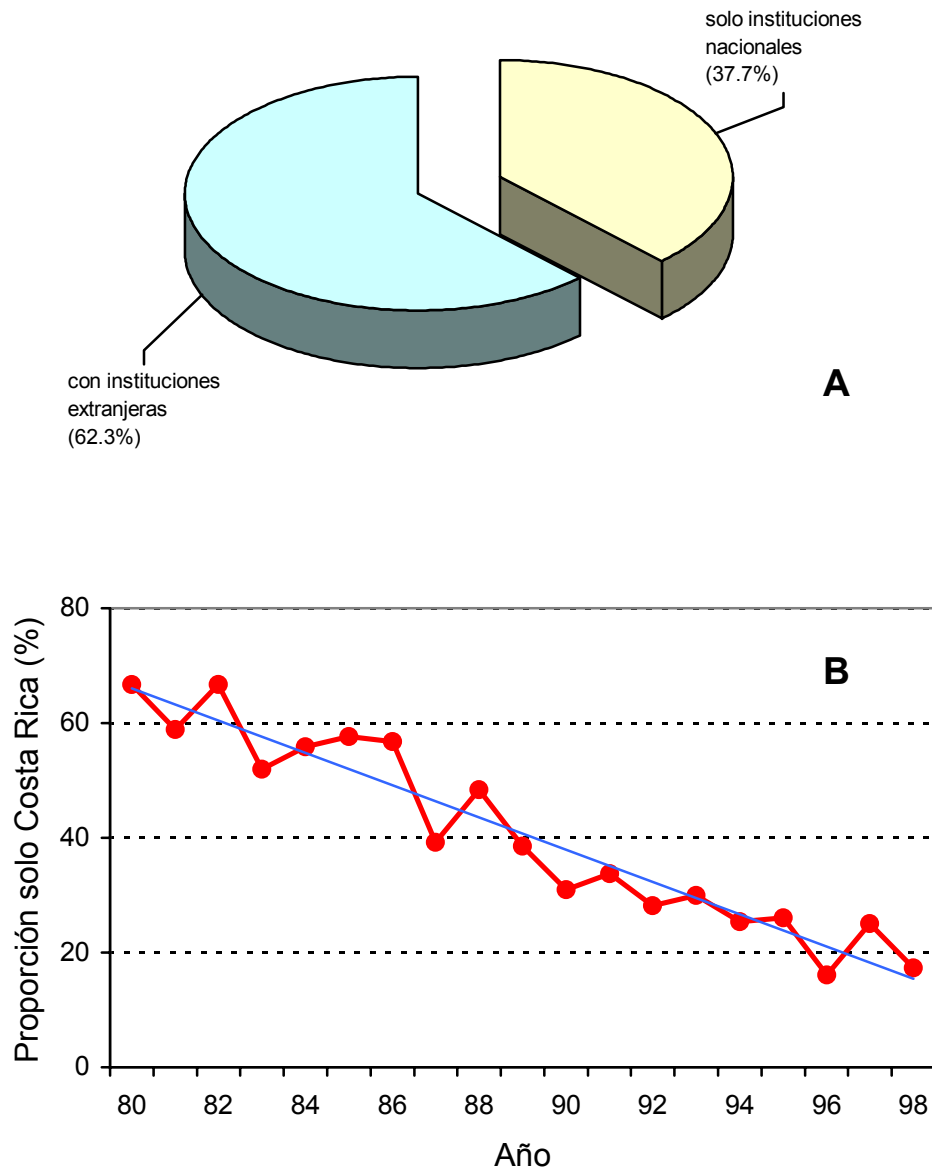


Figura 8: Proporción de las publicaciones efectuadas solamente por investigadores afiliados a instituciones de Costa Rica, comparada con las publicaciones efectuadas en colaboración con investigadores afiliados a instituciones extranjeras. (A) proporción global; (B) evolución de la proporción durante 1980-1998 (SCJ).

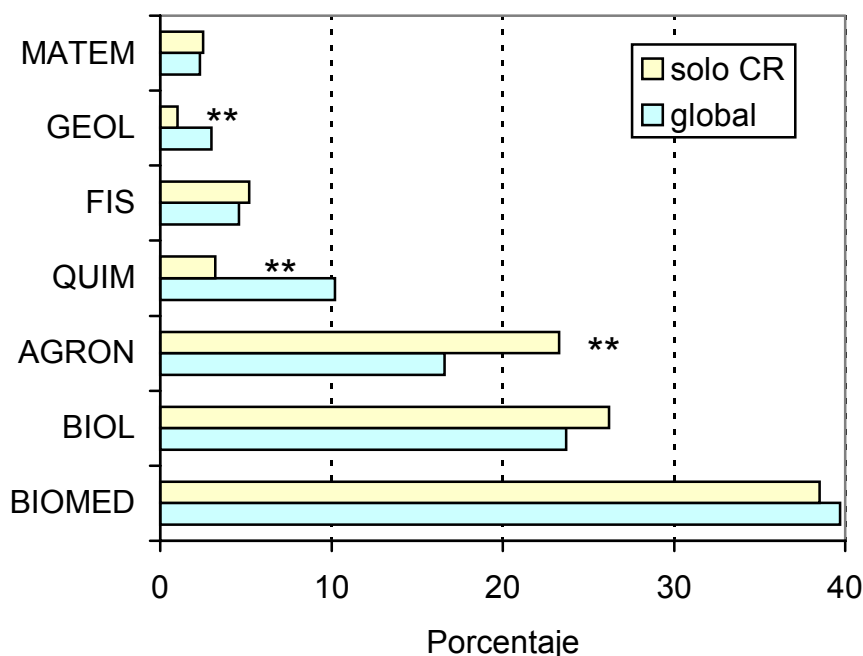


Figura 9: Distribución de las publicaciones según su área temática principal, en los artículos correspondientes a investigadores afiliados únicamente a instituciones costarricenses, y su comparación con la distribución global de las publicaciones (datos de la Figura 2). Los asteriscos indican que la diferencia observada entre ambas proporciones es estadísticamente significativa ($p < 0,01$).

El predominio de las publicaciones colaborativas con otros países sobre las publicaciones autóctonas, podría interpretarse de distintas maneras: por un lado, como señal de una cierta dependencia de la actividad científica local con respecto a instituciones en el extranjero; o por otra parte, como un signo positivo de desarrollo científico local, que genera capacidad para establecer relaciones fructíferas con grupos de investigación foráneos. En cualquier caso, la proporción global de publicaciones exclusivamente de instituciones nacionales (Fig.8), indicaría la existencia de capacidad para generar investigación de nivel internacional en forma autóctona, especialmente en ciertas disciplinas. Este aspecto fue analizado en términos de la distribución temática de las publicaciones (Fig.9). Se encontró que, en el caso de las ciencias agronómicas, la proporción de artículos realizados únicamente por investigadores de instituciones costarricenses fue ligeramente mayor al compararse con la proporción global, y esta diferencia fue estadísticamente significativa ($p < 0,01$), lo que sugiere que en este campo existió una mayor independencia de las colaboraciones con instituciones foráneas durante el período analizado. Como se mencionó, esta área temática contó, entre 1980 y 1982, con dos revistas costarricenses en el *SCI*, lo que favorecería la cifra de publicaciones de tipo

autóctono. En los campos de la química y de la geología, por el contrario, las proporciones del aporte netamente autóctono fueron significativamente menores que sus respectivas proporciones globales (Fig.9), denotando una mayor relación con instituciones extranjeras en la investigación publicada en estas dos áreas. Los demás campos de investigación mostraron proporciones comparables en este parámetro, y aún en el caso de las ciencias biológicas, cuya proporción tiende a un ligero predominio de artículos producidos por investigadores de instituciones costarricenses, la diferencia observada no alcanzó a ser estadísticamente significativa ($p>0.05$).

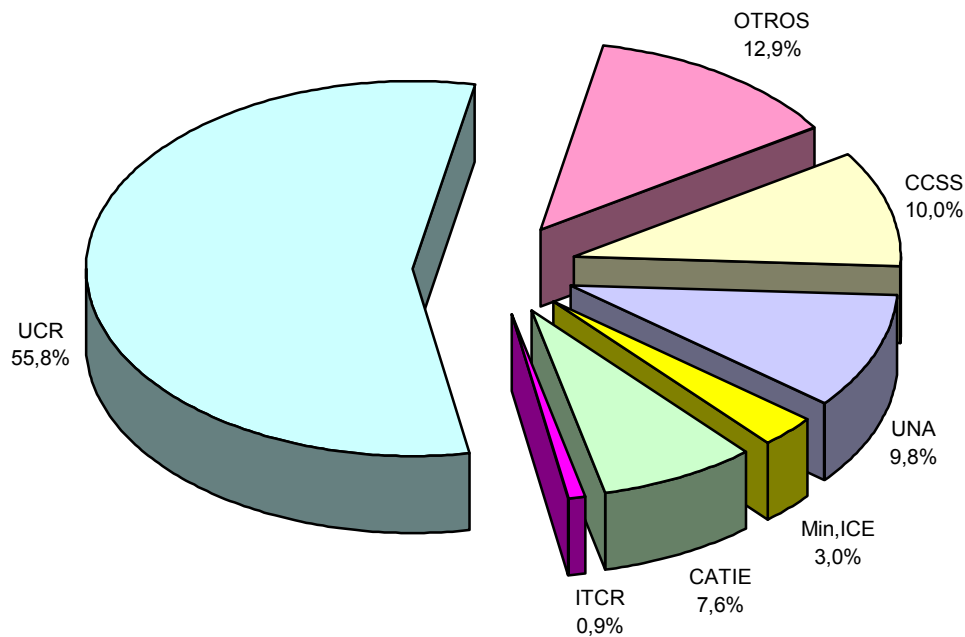


Figura 10: Origen institucional de los artículos publicados por autores de instituciones costarricenses, incluidos en el *Science Citation Index*, durante 1980-1998.

5. Productividad científica de las instituciones costarricenses.

Utilizando el campo de dirección, se extrajo cifras de las publicaciones correspondientes a distintas instituciones de Costa Rica, con el fin de cuantificar la proporción de sus aportes en la totalidad del período estudiado (Fig.10). Este tipo de análisis ha sido utilizado para identificar centros de investigación científica de alta productividad, en otras naciones (Friedrich y Rodrigues, 1998). La Universidad de Costa Rica (UCR) es la institución que generó el mayor número de publicaciones (55,8%), seguida por la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS) y la

Universidad Nacional (UNA), con aportes cercanos al 10%, respectivamente. El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) también generó una fracción importante de las publicaciones (7,6%), así como algunas instituciones estatales (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ministerio de Salud, Instituto Costarricense de Electricidad) que, en conjunto, alcanzaron un 3,0%. La fracción denominada "otros" en la Figura 10 (12,9%) constituye la suma de publicaciones distribuidas en un número amplio de instituciones, en donde cada una tiene un aporte parcial pequeño. Por otra parte, el escaso aporte (0,9%) que mostró el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) podría ser reflejo de su distinta orientación de las labores de investigación, evidentemente enfocadas hacia las tecnologías, más que hacia las ciencias. Algunos estudios han mostrado que la investigación básica tiene más posibilidades de estar publicada en la literatura internacional, y por ende, de estar incluida en las bases de datos internacionales, en comparación con la investigación aplicada (Narváez-Berthemelot, 1993).

Pese a las limitaciones originadas por las diferentes formas en que los autores suscriben los artículos en términos de su afiliación institucional (ej. "escuela de biología", "*school of biology*", o "*biology school*"), se intentó determinar cuáles fueron los principales centros de producción de publicaciones científicas en Costa Rica en el período estudiado (Cuadro 1). Para este análisis, al igual que en el análisis global resumido en la Figura 10, se asignó a los centros una publicación por cada detección en el campo de dirección, independientemente de las afiliaciones simultáneas con otras instituciones. Este análisis muestra que el CATIE es el centro que generó el mayor número de publicaciones, con 147 referencias. Esta institución, en conjunto con el Instituto Clodomiro Picado (UCR), las Escuelas de Química (UCR) y Biología (UCR), y el Hospital Nacional de Niños (CCSS), fueron los cinco principales centros generadores de investigación científica internacional en Costa Rica, superando todos ellos las 100 publicaciones en los diecinueve años analizados. Un segundo grupo de centros de investigación también mostró una actividad científica importante, con aportes totales de más de 50 publicaciones cada uno (Cuadro 1): la Escuela de Medicina (UCR), la Escuela de Medicina Veterinaria (UNA), el Centro de Investigación en Biología Celular y Molecular (UCR), el Instituto de Investigaciones en Salud (UCR), la Facultad de Agronomía (UCR) y la Escuela de Física (UCR).

Con base en los anteriores resultados, se analizó la evolución temporal del número de publicaciones en los cinco centros de mayor productividad (Fig.11). Se observó una fluctuación considerable en todos los casos, con una tendencia creciente en los años más recientes. Por ejemplo, varios de estos centros llegaron a producir hasta una sola publicación por año, en algunas ocasiones, pudiendo sobrepasar las quince publicaciones en otros años. En particular, las Escuelas de Química (UCR) y de Biología (UCR) mostraron un fuerte crecimiento de su productividad en los últimos dos años (Fig.11).

Cuadro 1: Origen de los artículos publicados por autores de instituciones costarricenses, incluidos en el *Science Citation Index*, durante 1980-1998 (*).

Centro	Institución	Claves	No.
CATIE	-	catie; ctr agron trop; trop agr res &	147
Inst. Clodomiro Picado	UCR	clodomiro; picado	143
Escuela de Química	UCR	escuela quim; rica, dept (sch) chem (**)	142
Escuela de Biología	UCR	escuela biol; biol sch; sch biol	136
Hospital Nac. de Niños	CCSS	hosp nac (nacl) ninos; natl childrens hosp	119
Escuela de Medicina	UCR	esc med; sch med; fac med (**)	80
Escuela de Medicina Veterinaria	UNA	escuela med vet; fac med vet	65
Centro Inv. Biol. Celular y Molec.	UCR	cibcm; ctr invest biol cel	60
Inst. Inv. en Salud	UCR	inisa; inst invest salud	56
Facultad de Agronomía	UCR	fac agron; escuela fitotecn	54
Escuela de Física	UCR	escuela fis; rica, sch phys	52
Facultad de Microbiología	UCR	fac microbiol; sch microbiol (**)	42
Escuela de Matemática	UCR	escuela matem	36
Organización Estudios Tropicales	OET/OTS	org trop studies; org estudios tr	34
ICMRT	U. Louisiana	icmrt; int ctr med res	33
Hospital México	CCSS	hosp mexico (**)	32
Hospital San Juan de Dios	CCSS	hosp san juan; san juan dios	32
Centro Inv. Productos Naturales	UCR	ciprona; ctr invest prod nat	30
Centro Inv. Marinas	UCR	imar; ctr invest ciencias mar	28
Museo Nacional	-	museo nacl	27
Minist. Agricult. y Ganadería	-	mag; minist agr (**)	25
INCIENSA	Minist. Salud	inciensa; inst costarricense invest &	20
(-global-)	ITCR	inst tecnol (technol) costa rica (**)	17
Instituto Cost. de Electricidad	ICE	inst costarricense elect	15
Escuela Cienc. Ambientales	UNA	escuela ciencias ambientales	14
Centro de Invest. Agronómicas	UCR	ctr invest agron	14
Hospital Calderón Guardia	CCSS	calderon guardia	11
Observatorio Vulcanológico	UNA	observ vulcanol; ovsicori	11
Inst. Nac. Biodiversidad	-	inbio; biodivers (**)	10
Escuela de Geología	UCR	escuela centroamer geol; cent amer sch geol	9
Escuela de Ciencias Médicas	UACA	uaca; autonoma ciencias (**)	9
Instituto Invest. Farmacéuticas	UCR	inst invest farmaceut; inifar	9
(-global-)	EARTH	escuela agr reg trop; earth (**)	8
Centro Inv. Granos y Semillas	UCR	ctr invest granos; cigras	7
Centro Inv. Tecnol. Alimentos	UCR	tecnol alimentos; technol alim; cita	6
Centro Invest. Geofísicas	UCR	ctr invest geofis	6
Centro Inv. Hemoglobinas	UCR	ctr invest hemoglobinas; cihata	6
Estac. Exper. Fabio Baudrit	UCR	fabio baudrit	6
Estac. Exper. Ganado Lechero	UCR	ganado lechero; alfredo volio	3
(-global-)	UNED	univ estatal & distancia; uned	3
Instituto de Invest. Clínicas	-	inst costarricense invest clin	1

(*): la lista de centros que se presenta no es exhaustiva, sino que se basa en las apariciones más evidentes en la casilla "address" de la base de datos; por lo que es posible el haber omitido algunos centros involuntariamente.

(**): el número de artículos fue refinado en forma manual, por las limitaciones inherentes a las palabras claves utilizadas en estos casos.

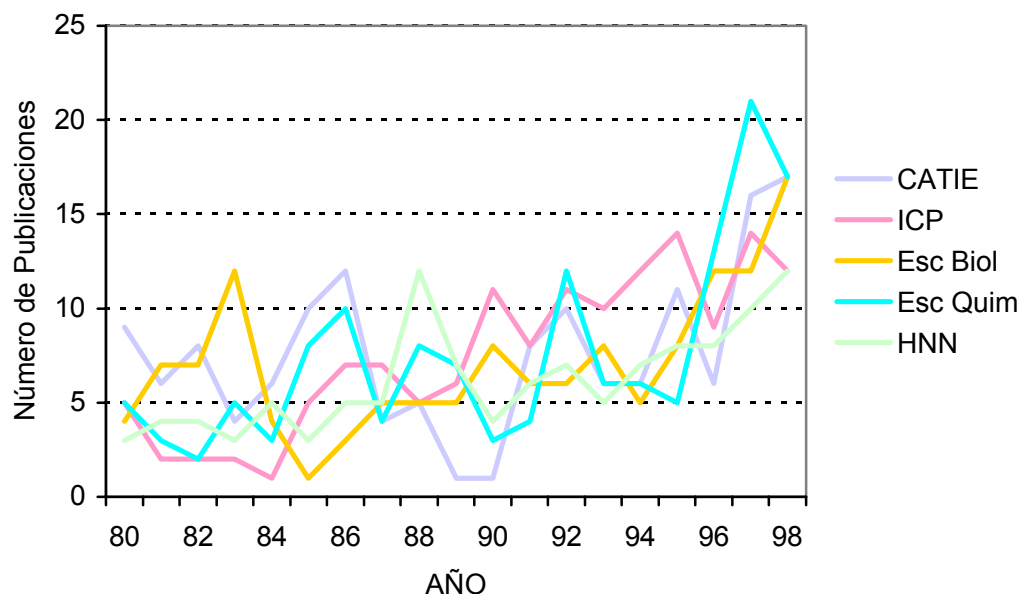


Figura 11: Artículos originados en los cinco centros de investigación costarricenses con mayor número de publicaciones incluidas en el *Science Citation Index*, durante el período 1980-1998.

6. Productividad de los investigadores.

La investigación es llevada a cabo, en última instancia, por individuos que se dedican a esta actividad en forma parcial o total, y muchos estudios bibliométricos sobre desarrollo científico han enfocado el aspecto individual, con el fin de identificar investigadores de alta productividad científica (Garfield y Welljams-Dorof, 1992; Rodulfodegil *et al.*, 1996), o para evaluar los resultados del aporte de fondos para la investigación (O'Driscoll *et al.*, 1995), entre otros ejemplos.

En el presente estudio, se analizó el número de artículos publicados por investigadores individuales con el fin de establecer un parámetro adicional para evaluar el grado de consolidación de la actividad científica en Costa Rica. En general, el análisis mostró que la masa total de información científica publicada durante 1980-1998 es producto del aporte de un amplio número de autores. Evaluando la información en forma global (independientemente de las fechas en que cada investigador inicia y finaliza su producción científica), se encontró que diecisiete investigadores publicaron un promedio de un artículo por año durante dicho período, cifra que se reduce a cuatro investigadores al calcular un promedio de dos artículos por año. Una alta proporción de los investigadores con mayor número de publicaciones son miembros de la Academia Nacional de Ciencias. Los anteriores resultados señalan que el número de investigadores científicos con una actividad consolidada en términos de generación de publicaciones a nivel internacional, es

reducido. A la vez, sugieren que una proporción importante de la investigación científica constituyó, probablemente, una actividad colateral, realizada a modo de dedicación parcial o en forma esporádica. Un factor adicional que podría tener influencia en este análisis, es el aparentemente breve período de años dedicado a la investigación por los profesionales. Aunque no existen en Costa Rica datos que permitan hacer esta afirmación con bases objetivas, parece ser frecuente la rápida migración de investigadores hacia actividades de índole profesional o administrativa, fenómeno referido como "fuga interior de cerebros" (Gutiérrez, 1995).

Cuadro 2: Revistas con el mayor número de publicaciones de investigadores de instituciones costarricenses durante el período 1980-1998, y su correspondiente "índice de impacto" según los valores del *Journal Citation Reports-ISI* (*).

Posic.	Nombre de la revista	Índice de impacto	No. de Publicaciones
1	Toxicon	1,06	92
2	Phytopathology	2,34	55
3	Phytochemistry	1,12	39
4	Amer. J. Trop. Med. Hyg.	1,91	32
5	Turrialba	0,017 **	32
6	Agron. Costarric.	nd ***	30
7	Forest Ecol. Manag.	0,70	20
8	Amer. J. Hum. Genet.	9,37	19
9	Pediat. Inf. Dis. J.	2,06	19
10	Biotropica	0,75	17
11	Inorg. Chim. Acta	1,14	17
12	J. Nat. Prod.	1,24	17
13	Inorg. Chem.	2,99	16
14	Ann. N.Y. Acad. Sci.	1,03	13
15	J. Kans. Entomol. Soc.	0,16	13

(*) se utilizó los índices de impacto calculados para 1996 (*JCR*).

(**) se utilizó el índice de impacto para 1992, último año de su inclusión en *JCR*.

(***) nd: dato no disponible, no incluido en *JCR*.

7. Revistas, aspectos cualitativos y cuantitativos.

El análisis de la variabilidad de las revistas en que se publicaron los artículos recopilados se muestra en la Figura 12. De las 627 revistas utilizadas, cerca de 310 fueron utilizadas para un solo artículo, y unas 110 revistas contenían por lo menos

dos artículos, indicando una amplia heterogeneidad en cuanto al número y tipo de publicaciones periódicas empleadas como medio para la divulgación de las investigaciones. Se detectó un pequeño número de revistas con una utilización más frecuente por parte de los investigadores de instituciones costarricenses (Cuadro 2). Cabe destacar que en esta lista aparecen las dos revistas costarricenses que han estado en algún momento incorporadas en el *SCI*: “Agronomía Costarricense” (1980) y “Turrialba” (1980-1982). Para la primera no se dispone de datos sobre su índice de impacto, ya que fue excluida de dicha base en los inicios del período estudiado. “Turrialba” mostró un índice de impacto de 0.017 en 1992, el último año de su inclusión en el *Journal Citation Reports*. La "Revista de Biología Tropical", que en la actualidad es la única publicación periódica costarricense dentro del *Journal Citation Reports*, aparece en el *Web of Science* a partir de 1976, pero no en el *SCI* en CD-ROM; su índice de impacto, aunque modesto, ha venido creciendo desde 0,067 (en 1993), 0,076 (en 1996), a 0,132 (en 1997).

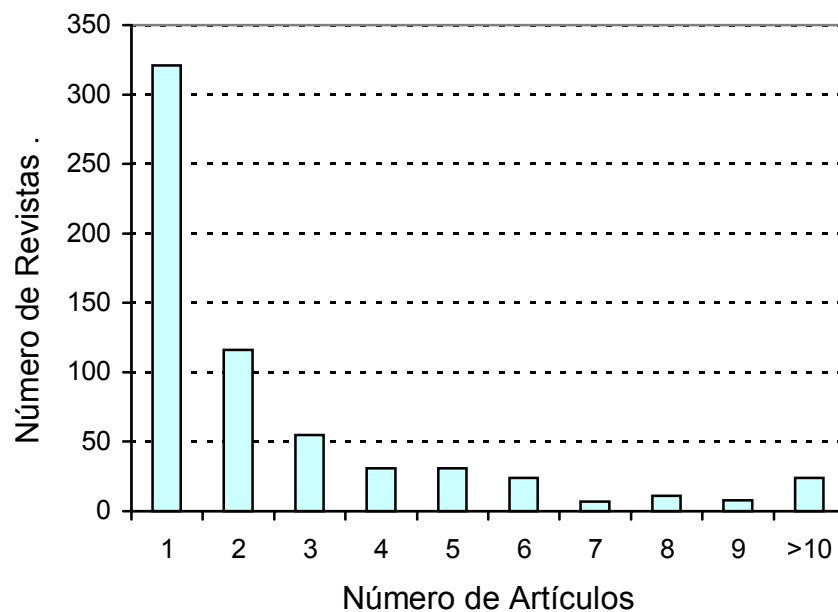


Figura 12: Análisis de la variabilidad de las revistas que publicaron artículos de investigadores de instituciones costarricenses, según su número de artículos, durante el período 1980-1998 (*SCI*).

El Cuadro 3 presenta una lista de las 30 revistas de mayor índice de impacto en las que publicaron los investigadores de instituciones costarricenses en el período estudiado. Un número considerable de publicaciones aparecieron en revistas de elevado índice, incluyendo algunas de muy alto nivel como *Clinical Research*,

Nature, *New England Journal of Medicine*, *Science* y *The Lancet*. La revista que combinó mayor impacto junto con el mayor número de publicaciones fue *American Journal of Human Genetics* (Cuadro 3).

Cuadro 3: Revistas de mayor "índice de impacto" (*) en que publicaron investigadores de instituciones costarricenses durante el período 1980-1998, según el *Science Citation Index*, y el número correspondiente de publicaciones.

Posic.	Nombre de la revista	Índice de impacto	No. de Publicaciones
1.	Clin. Res.	51,00	9
2.	Nature	28,42	5
3.	N.Engl.J.Med.	24,83	6
4.	Science	23,60	6
5.	Lancet	17,95	3
6.	Faseb J.	13,77	2
7.	Arch. Gen. Psychiat.	11,51	1
8.	J. Nat. Cancer Inst.	10,33	3
9.	Proc. Nat. Acad. Sci. USA	10,24	5
10.	Blood	9,74	2
11.	Amer. J. Hum. Genet.	9,37	19
12.	Gastroenterology	9,33	9
13.	JAMA- J. Am. Med. Assn.	9,28	5
14.	Circulation	9,09	5
15.	Cancer Res.	8,96	2
16.	Phys. Rep. Rev. Sect. Phys. Lett.	8,61	1
17.	Angew. Chem. Int. Ed.	8,18	1
18.	J. Biol. Chem.	7,45	4
19.	J. Amer. Soc. Nephrol.	6,85	2
20.	Hum. Mol. Genet.	6,51	3
21.	Phys. Rev. Lett.	6,48	1
22.	Trend. Ecol. Evolut.	6,25	3
23.	J. Virol.	6,19	2
24.	Hepatology	6,04	4
25.	J. Amer. Chem. Soc.	5,59	9
26.	Mol. Microbiol.	5,51	1
27.	J. Infec. Dis.	5,42	8
28.	Diabetologia	5,38	8
29.	Annu. Rev. Entomol.	5,36	2
30.	Amer. J. Respir. Crit. Care Med.	5,03	1

(*) se utilizó el factor de impacto calculado para 1996 (SCI).

8. Ciencia en Costa Rica: una mirada al contexto Latinoamericano.

Para ubicar la actividad científica de Costa Rica frente a la de algunas naciones del entorno latinoamericano, se comparó la productividad total de publicaciones de varios países (datos de 1980-1994; Rodulfodegil *et al.*, 1996) con el número de publicaciones de la base de datos creada para Costa Rica, ajustada al mismo período. La Figura 13 muestra que la productividad absoluta de Costa Rica, como era esperable, fue cuantitativamente modesta frente a algunas de las naciones más grandes. Sin embargo, la forma apropiada para realizar estimaciones comparativas de esta naturaleza es ajustando los datos al número de habitantes de cada país (Ayala, 1995; Rodulfodegil *et al.*, 1996; Osareh y Wilson, 1997). En la Figura 13 puede observarse que el indicador "número de artículos por 1000 habitantes" coloca a Costa Rica en niveles comparables a los de otras naciones latinoamericanas que poseen una actividad científica absoluta mucho mayor.

9. Consideraciones adicionales

Es evidente que los datos aquí presentados no abarcan toda la gama de labores de investigación realizadas en el país, en especial las referentes a investigación tecnológica, que requieren ser evaluadas a través de otros parámetros (por ejemplo número de patentes solicitadas y concedidas, utilización de las mismas, contratos de transferencia de tecnología a los sectores productivos, etc.). Sería importante para el país contar con estudios similares al presente, enfocados hacia la investigación tecnológica.

El crecimiento en el número total de publicaciones generadas por año, aunque sostenido, es bastante leve y no parece reflejar un desarrollo "acelerado", como el que han mostrado algunos países que implementaron un fuerte apoyo político-económico para las ciencias, por ejemplo España (Rodulfodegil *et al.*, 1996) o Brasil (Academia Brasileira de Ciencias, 1997). El crecimiento observado podría más bien constituir un indicador de desarrollo pasivo de la actividad científica. Lo anterior parecería concordar con el hecho de que las políticas de apoyo estatal a las tareas de investigación científica han sido confusas en las últimas dos décadas, con altibajos importantes que incluyen, por ejemplo, el anuncio (no ejecutado) del cierre del Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas -CONICIT- (Macaya, 1995), o las recientes reubicaciones del Ministerio de Ciencia y Tecnología (MICYT) como dependencia de otros ministerios, primero dentro del Ministerio de Economía, Industria y Comercio, y actualmente dentro del Ministerio de Agricultura y Ganadería.

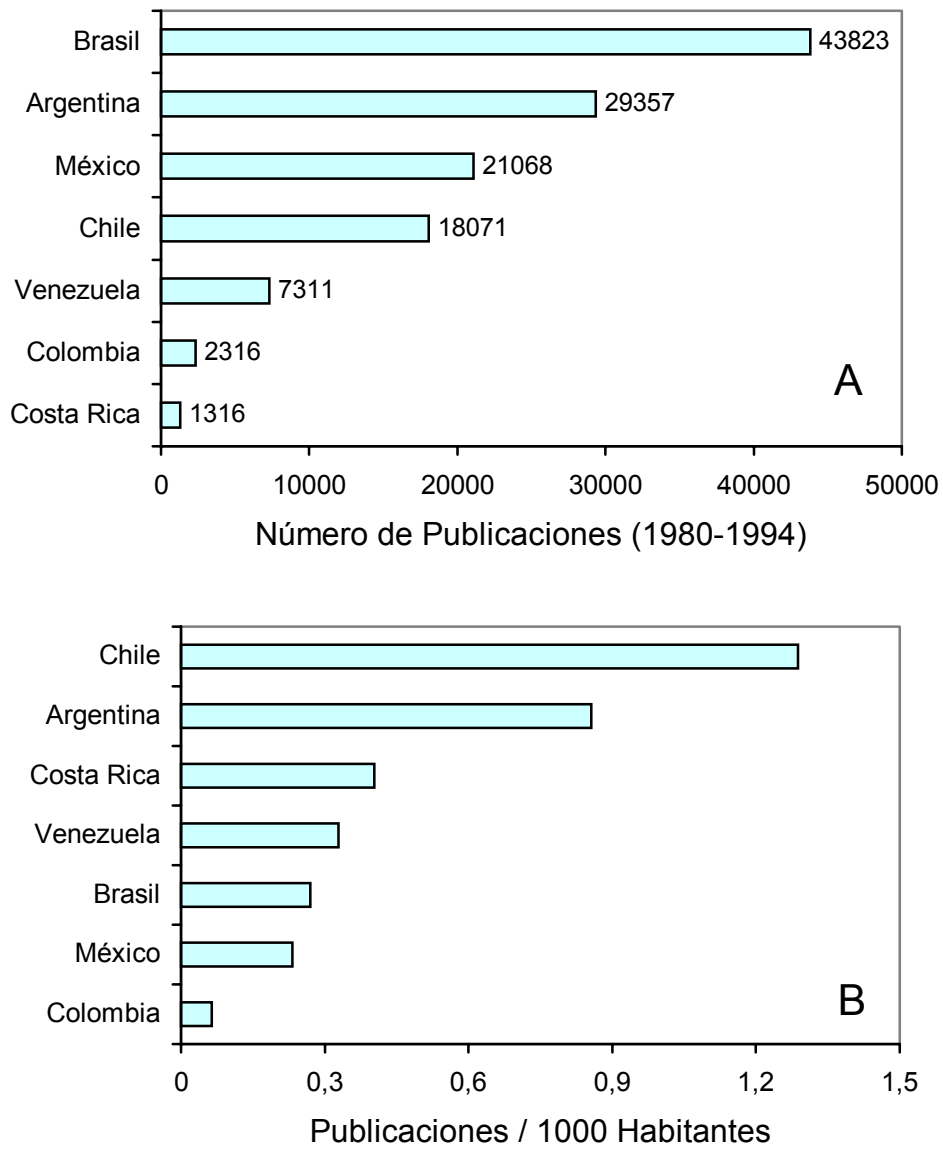


Figura 13: Comparación de la producción de publicaciones de investigadores de instituciones costarricenses en el contexto latinoamericano. **(A)** Número total de publicaciones (SCI) correspondientes a varios países de la región, según Rodulfodegil *et al.* (1996), durante el período 1980-1994. Los datos correspondientes a Costa Rica se adaptaron a este mismo período. **(B)** Número de publicaciones por cada 1000 habitantes de los países indicados en "A".

Especial atención merece el análisis de la distribución temática de la investigación científica en Costa Rica. Las causas del aparente descenso en la producción de publicaciones internacionales en el campo de las ciencias agronómicas, fueron solo parcialmente explicadas por el presente estudio, en lo referente a los inicios de la década de los ochenta. Por otra parte, la mayor consolidación observada en las áreas de las ciencias biomédicas y biológicas podría estar relacionada, al menos parcialmente, con aspectos de tradición histórica de la investigación científica en el país, unidos al apoyo económico proveniente de agencias externas y a colaboraciones con grupos extranjeros. El análisis también identifica la preocupante fragilidad que existe en una serie de campos esenciales para el desarrollo científico, en el caso de las matemáticas, la física y las ciencias geológicas, a juzgar por la menor magnitud de sus respectivos aportes.

Con base en el criterio cualitativo utilizado para evaluar la producción científica del país, es posible concluir que esta alcanza niveles promedio satisfactorios en el ámbito internacional, los cuales se mantuvieron consistentes a lo largo del período analizado. Una proporción importante de las publicaciones realizadas alcanzó medios de reconocido prestigio, a juzgar por los índices de impacto de las revistas. Lo anterior señala la capacidad de recursos humanos e infraestructura material que ha existido para aspirar a producir investigación científica de relevancia global. Sin duda, las instituciones del estado han realizado inversiones importantes en lo que respecta a la formación de personal científico en los últimos años (CONICIT, 1997;1998), y se ha recibido, además, ayuda considerable de otras naciones para este mismo fin.

Interesantemente, los datos recopilados indican una clara tendencia hacia la disminución de la producción científica exclusivamente “autóctona”, frente al aumento del trabajo realizado con la coautoría de investigadores de instituciones foráneas. Como se mencionó, la interpretación de este indicador es muy compleja, pues puede reflejar al mismo tiempo dependencia o desarrollo. Una posibilidad a considerar para la explicación de este hallazgo es la carencia de ciertos recursos de infraestructura “pesada” en Costa Rica, que conducen al investigador a buscar colaboraciones con países más desarrollados. Con la posible excepción de las matemáticas, los demás campos científicos requieren cada vez más de equipos sofisticados y costosos para la investigación, que por lo general, no se encuentran disponibles en el país. Otro factor a considerar sería un crecimiento en el intercambio internacional de los investigadores, promovido por los programas de formación de recursos humanos y de participación en entrenamientos o eventos científicos (CONICIT, 1992, 1997).

Otros resultados del presente trabajo permitieron identificar los principales focos generadores de investigación científica de nivel internacional en Costa Rica, señalando a la Universidad de Costa Rica como el ente predominante en esta actividad. Toda esta información podría ser de utilidad, en especial para las distintas organizaciones que se relacionan con la administración de la investigación. Un análisis más detallado de las características y circunstancias que se han conjugado en

las instituciones, grupos e individuos, para resultar en una labor fructífera, podría señalar aspectos importantes a considerar para el estímulo del desarrollo científico nacional. A la vez, los resultados del presente análisis ponen al descubierto la fragilidad general de la actividad científica en el entorno nacional, demostrando un número reducido de investigadores con productividad internacional consolidada, sostenida a lo largo del período analizado. Un factor que podría tener relación con este fenómeno, entre otros, es la actual carencia de un “sistema nacional de investigadores” en Costa Rica, como los que se han establecido en la mayoría de naciones latinoamericanas para incentivar y consolidar la labor de sus investigadores científicos más destacados, y reducir la pérdida de valiosos recursos humanos.

CONCLUSIONES

El presente estudio recopila, por primera vez, información objetiva y completa sobre la actividad científica de Costa Rica que alcanza la corriente central de información, a través de publicaciones incluidas en el *SCI*, una de las más importantes bases de datos internacionales en las ciencias. El amplio período de años que abarcó esta recopilación, permitió no solo obtener datos aislados, sino también visualizar cómo se han concatenado los diferentes parámetros e indicadores en el tiempo, y cómo se proyectan sus tendencias en la actualidad. Los datos reunidos en el presente análisis sugieren un desarrollo moderado de la actividad científica en Costa Rica durante los años 1980-1998. Esta actividad es comparable, en términos relativos a la población, con la que poseen países de mayor productividad absoluta en Latinoamérica, tanto en el aspecto cuantitativo (número de publicaciones por 1.000 habitantes) como cualitativo (promedios de índices de impacto de las revistas utilizadas). Sin embargo, algunas cifras sugieren que la actividad científica que alcanza difusión internacional no se encuentra muy consolidada en general, dependiendo mayormente de los aportes relativamente esporádicos de numerosos investigadores, mientras el núcleo de investigadores con una actividad claramente establecida es reducido. El establecimiento de políticas estatales más claras, eficientes y sostenidas en lo referente al apoyo de la investigación científica, será fundamental para determinar la dirección futura de este aparentemente frágil componente de la sociedad costarricense, insuficiente pero indispensable para nutrir la cultura, la tecnología y el desarrollo de toda nación.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Edgardo Moreno (Universidad Nacional, Costa Rica) sus discusiones críticas sobre varios aspectos de este estudio, así como al Programa de Cooperación México-Costa Rica, Secretaría de Relaciones Exteriores de México (proyecto 302CR046) y la Oficina de Asuntos Internacionales de la Universidad de

Costa Rica, por el apoyo a una pasantía de B.L. en el Instituto de Biotecnología de la UNAM-Cuernavaca, en donde se inició el presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Academia Brasileira de Ciencias (1997) *Science in Brazil: an overview*, 85 pp. Rio de Janeiro, Brasil.
- Ayala, F.J. (1995) Science in Latin America. *Science* **267**, 826-827.
- CONICIT (1992) *Ciencia y Tecnología en Costa Rica*, 215 pp. San José, Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas.
- CONICIT (1997) *Programa de Ciencia y Tecnología CONICIT-BID*, 77 pp. San José, Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas.
- CONICIT (1998) *Voces de la ciencia y la tecnología: espíritu creador del conocimiento costarricense*, 45 pp. San José, Consejo Nacional para Investigaciones Científicas y Tecnológicas.
- Friedrich MP, y Rodrigues PD (1998) Looking at science in Brazilian universities: The case of the Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho. *Scientometrics* **42**, 247-258.
- Gaillard, J. (1989) La science du tiers monde est-elle visible? *La Recherche* **20**, 636-640.
- Garfield, E. (1972) Citation analysis as a tool in journal evaluation. *Science* **178**, 471-479.
- Garfield, E. (1995) Journal Citation Reports, a bibliometric analysis of science journals in the ISI database [1994 data]. Philadelphia, Institute for Scientific Information.
- Garfield, E. y Welljams-Dorof, A. (1992) Citation data: their use as quantitative indicators for science and technology evaluation and policy-making. *Science and Public Policy* **19**, 321-327.
- Gibbs, W.W. (1995) Lost science in the Third World. *Sci. Amer.* **273**, 92-99.
- Gutiérrez, J.M. (1995) La investigación científico-tecnológica en la Universidad de Costa Rica: problemas y perspectivas. En: *Memorias del Seminario Universidad y Desarrollo*, pp. 255-261. Revista Reflexiones, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Costa Rica.
- Leta, J., Lannes, D. y De Meis, L. (1998) Human resources and scientific productivity in Brazil. *Scientometrics* **41**, 313-324.
- Macaya, G. (1995) Universidad, ciencia, tecnología y desarrollo. Foro del Periódico *La Nación*, 17 de diciembre de 1995, San José, Costa Rica.
- MacIlwain, C. (1999) Stability offers unique opportunity for research. En: Science in Latin America. *Nature* **398** (suppl.), A4-A5.
- Narváez-Berthemelot, N., Almada de Ascencio, M., Russell, J.M.(1993) International scientific collaboration: cooperation between Latin America and Spain, as seen from different databases. *J. Information Science* **19**, 389.

- O'Driscoll, M., Chisholm, P. y Anderson, J. (1995) Immunology research in the UK: a scientific audit. *Immunol. Today* **16**, 413-417.
- Osareh, F. y Wilson, C.S. (1997) Third world countries (TWC) research publications by disciplines: a country-by-country citation analysis. *Scientometrics* **39**, 253-266.
- Rodulfo degil, E., Rivera, V., Gil-arnao, F., Manjarrés, J.A., Molina, J., Angulo-lobo, L.A. y Rodríguez, F. (1996) Análisis de la producción científica de Venezuela registrada por el SCI (ISI) 1980-1994. *Interciencia* **21**, 272-281.
- Russell, J.M. (1998) Publishing patterns of Mexican scientists: differences between national and international papers. *Scientometrics* **41**, 113-124.
- Testa, J. (1997) The ISI database: the journal selection process. En la dirección electrónica: <http://www.isinet.com/hot/essays/199701> (19 de julio, 1999).
- Vogel, E.E. (1997) Impact factor and international collaboration in Chilean physics: 1987-1994. *Scientometrics* **38**, 253-263.
- Welljams-Dorof, A. (1994) Biological sciences in Chile and South America, 1981-1991: a citationist perspective; output data and specialty area impact trends. *Biological Res.* **27**, 91-103.

