

Capacidades científicas y tecnológicas de Colombia para adelantar prácticas de bioprospección

Oscar Duarte Torres  (oscartorres@ige.unicamp.br)
Universidade Estadual de Campinas, Brasil

Léa Velho  (velho@ige.unicamp.br)
Universidade Estadual de Campinas, Brasil

La práctica de bioprospección se considera como una posible estrategia para que los países del Sur, ricos en biodiversidad, logren aumentar sus capacidades endógenas para realizar actividades de ciencia y tecnología que puedan contribuir para procesos de desarrollo; pero las evidencias demuestran la necesidad de que el país suministrador de los recursos naturales y genéticos debe poseer una adecuada capacidad científica y tecnológica instalada. En este trabajo se realiza un análisis de las capacidades de un país megadiverso como Colombia para emprender actividades de ciencia y tecnología en bioprospección, expresadas a través del accionar de diferentes grupos de investigación. Se concluye que Colombia cuenta con por lo menos 71 grupos de investigación que trabajan en bioprospección, denotando la existencia de unas capacidades básicas con las cuales es posible profundizar en trabajos de esta temática, pero requiriéndose el fomento y articulación de acciones de política científica y tecnológica.

55

Palabras clave: Colombia, bioprospección, capacidades científicas, grupos de investigación

Bioprospecting is considered a potential strategy for countries of the South, which are rich in biodiversity, to strengthen their endogenous capabilities in the fields of science and technology and subsequently increase their economic development. However, evidence reveals a need for these countries to build or maintain basic scientific and technological capabilities. This paper analyzes existing capabilities and activities of national research groups within a mega-diverse country, like Colombia, for implementation of bioprospecting practices. As Colombia counts on at least 71 research groups that deal with bioprospecting, basic research capabilities are amply available but may require specific scientific and technological policies in order to articulate them around desirable objectives.

Key words: Colombia, bioprospecting, scientific capability, research groups

1. Introducción

El término bioprospección, conforme a la definición adoptada en este artículo, se refiere a la búsqueda sistemática, clasificación e investigación de nuevas fuentes de compuestos químicos, genes, proteínas y otros productos que posean un valor económico actual o potencial y que se encuentran en los componentes de la diversidad biológica (Castree, 2003; Laird y Wynberg, 2002; Feinsilver, 1996). Durante los últimos años, después de la firma del Convenio de Diversidad Biológica (CDB), la práctica de bioprospección asumió una nueva proyección al convertirse en una potencial estrategia para que los países en desarrollo ricos en biodiversidad aumenten sus capacidades endógenas para realizar actividades de ciencia y tecnología. Lo acordado internacionalmente en el CDB especifica que a partir de ese momento el acceso a los recursos biológicos deja de ser libre, un patrimonio de la humanidad, y por lo tanto tales recursos son declarados como propiedad del país de origen (FAO). Es así como existe una tendencia a que dichos recursos biológicos se encuentren mayoritariamente en los países del sur, ricos en biodiversidad, mientras que las mayores y más especializadas capacidades científicas y tecnológicas para su aprovechamiento se encuentran principalmente en los países del norte, razón por la cual la bioprospección es vista como un área de investigación privilegiada en términos de oportunidades para la cooperación norte-sur.

De acuerdo con algunas experiencias internacionales que analizan las actividades de bioprospección entre países del norte y del sur (Swiderska, 2001; Tobin, 2002; Neumann y Quaggiotto, 2005), se puede deducir que los principales objetivos de los países ricos en biodiversidad están relacionados con la construcción o fortalecimiento de capacidades nacionales en ciencia y tecnología (mejoramiento de la infraestructura científica representada en laboratorios y equipos, participación en redes de expertos, formación de recursos humanos, publicaciones nacionales e internacionales e incremento en la capacidad para efectuar taxonomía y etnobotánica), mientras que los principales objetivos del país del norte están relacionados con oportunidades de acceso a los recursos naturales y con posibilidades de obtener beneficios económicos, aunque para esto estén dispuestos a ofrecer tecnologías para hacer más eficiente tal exploración.

Las experiencias demuestran que a medida que el país suministrador de los recursos naturales posea más capacidad científica y tecnológica instalada aprovechará de una mejor forma las potencialidades de la bioprospección (Laird y Wynberg, 2002; Quezada, 2004). Esta es una de las razones por las cuales es fundamental conocer y evaluar las capacidades internas que posee un país para emprender procesos de bioprospección y tal conocimiento es esencial para la toma de decisiones en política de ciencia y tecnología relacionada con el tema.

Colombia es uno de los países considerados megadiversos, y, como tal, se espera que posea capacidades internas que le permitan adelantar procesos de ciencia y tecnología en actividades relacionadas con bioprospección. Es así como la literatura relevante reseña algunas experiencias en bioprospección de este país, de las cuales se puede evidenciar la interacción entre instituciones nacionales académicas o de investigación (Melgarejo et al., 2002; Roa-Atkinson, 2004; Quezada, 2004). Por lo

tanto, se asume que gran parte de las capacidades nacionales de ciencia y tecnología de Colombia en procesos de bioprospección está centrada en los grupos de investigación pertenecientes a universidades y centros nacionales de investigación.

Por tanto, este trabajo se centra en identificar y analizar las competencias de Colombia en un área compleja y multidisciplinar como es la bioprospección (Trigueiro, 2006), para lo cual se exploran diferentes grupos colombianos de investigación, se presentan las principales áreas temáticas en las cuales trabajan estos grupos y se analizan los principales temas que son abordados por estos grupos en publicaciones científicas de circulación internacional.

2. Procedimientos metodológicos para identificar y analizar competencias y capacidades de Colombia en bioprospección

Considerando que gran parte de las capacidades colombianas de ciencia y tecnología en procesos de bioprospección está centrada en los grupos de investigación, y que la característica preponderante en la política nacional de fomento y construcción de capacidades en ciencia, tecnología e innovación de este país ha sido el apoyo y fortalecimiento a grupos de investigación, se analizan las capacidades científicas y tecnológicas que posee Colombia para abordar procesos de bioprospección mediante la búsqueda y el análisis del accionar de dichos grupos.

Se hizo una búsqueda sobre los grupos colombianos que tienen relación con la temática de bioprospección. Para esto se consultó la plataforma ScienTI, administrada por el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología (COLCIENCIAS), la cual para 2008 poseía información de un total de 6.020 grupos: 2.457 grupos reconocidos y 3.563 grupos registrados que declaran realizar procesos de ciencia, tecnología e innovación tecnológica en once Programas Nacionales del Sistema Colombiano de Ciencia y Tecnología.¹ Se consultó el módulo GrupLAC de dicha plataforma (información sobre grupos de investigación científica y tecnológica) mediante el uso de las palabras clave “bioprospección”, “prospección de la biodiversidad”, “biocomercio”, “bioactividad”, “fitoquímica”, “productos naturales”, “conocimiento tradicional” y “recursos genéticos”. Se realizó la búsqueda a nivel de los campos de nombre del grupo, líneas de investigación, proyectos ejecutados o en ejecución y productos de los diferentes grupos de investigación.

Como resultado del análisis efectuado a la información recolectada se identificaron grupos colombianos de investigación científica o tecnológica que declaran realizar actividades en bioprospección. De este total de grupos se hizo una selección con el fin de escoger solamente aquellos que con base en la información sobre proyectos, productos y líneas de investigación realmente tuvieran relación con la bioprospección.

¹ De manera general, COLCIENCIAS considera como grupo reconocido a aquel que posee una buena trayectoria de investigación y producción científica y tecnológica, acorde a los años de existencia del grupo, y grupo registrado como aquel que no cumple con la condición anterior.

Con el objeto de analizar las principales temáticas que trabajan los grupos colombianos de bioprospección, se identificó en la plataforma ScienTI para cada uno de ellos los proyectos relacionados directamente con esta temática, y de esta forma se hallaron 259 proyectos de investigación. Posteriormente, todos los líderes de los grupos seleccionados fueron contactados vía correo electrónico, con el fin de solicitarles información más específica relacionada con experiencias en proyectos de bioprospección, para lo cual se indagó sobre el título, los objetivos, los principales resultados y el estado actual de dichos proyectos.

Con el propósito de consolidar la información sobre los principales temas de trabajo de los grupos colombianos de bioprospección, se consultó la red ISI Web of Science para el periodo 2001 a 2008 (mayo). Para realizar esta consulta se seleccionaron, con base en la información de la plataforma ScienTI, los veinte grupos con reconocimiento por COLCIENCIAS con calificación superior (categoría A) y se incluyó para este análisis la información de tres grupos colombianos que han obtenido permiso para acceso a recursos genéticos (Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia) y que no estaban incluidos en la lista anterior. De cada uno de estos grupos se seleccionó la persona líder, cuyo nombre se buscó en ISI. De los veintitrés líderes seleccionados, se encontraron en la mencionada red 151 artículos científicos pertenecientes a 16 líderes, información que se tomó para realizar el análisis mencionado. Para analizar las temáticas de los artículos se obtuvo la información del título, resumen y palabras claves del mismo.

58

Una vez identificados estos grupos, se construyó una base de datos con los siguientes campos relacionados con el grupo: (i) nombre; (ii) estatus (registrado o reconocido); (iii) institución principal a la cual pertenece; (iv) nombre del líder; (v) grado académico del líder; (vi) correo electrónico del líder; (vii) número total de integrantes activos; (viii) áreas de conocimiento; (ix) líneas de investigación; (x) títulos e información general de los proyectos de investigación; (xi) título del artículo; (xii) temática del artículo; (xiii) nombre de la revista y (xiv) país editor de la revista.

3. Resultados y discusión

3.1. Grupos de investigación e instituciones colombianas que desarrollan trabajos en bioprospección

Del análisis efectuado con base en la información de la plataforma ScienTI se pudo identificar que 71 grupos colombianos producen conocimiento científico y tecnológico en bioprospección, 72% de los cuales tienen reconocimiento por parte de COLCIENCIAS, lo cual indica que aunque ésta es considerada una actividad relativamente reciente, existen en Colombia grupos de investigación que están aprovechando las capacidades adquiridas anteriormente para ponerlas al servicio de la prospección de la biodiversidad. Lo anterior también evidencia la evolución de dichos grupos de disciplinas más monotemáticas hacia acciones multidisciplinarias con las cuales se abordan los trabajos de bioprospección, lo cual denota la potencialidad e importancia que ha venido adquiriendo esta práctica.

Con relación a las instituciones a las cuales pertenecen estos grupos (Tabla I), se destaca que el 80% pertenecen a universidades, el 15% a centros de investigación y el 2,8% a empresas privadas, evidenciando la concentración de actividades de bioprospección a nivel académico e investigativo por parte de instituciones públicas o corporaciones sin ánimo de lucro. Se observa que tanto las universidades como los centros de investigación que desarrollan actividades importantes en bioprospección son instituciones con reconocimiento a nivel nacional y algunas a nivel internacional, corroborando la importancia y potencialidad de la bioprospección como práctica de desarrollo reciente. Los dos grupos de empresas privadas no están reconocidos por COLCIENCIAS, lo cual indica que están consolidando sus capacidades.

Tabla I. Áreas temáticas, líneas de investigación y número de grupos que en Colombia desarrollan actividades de ciencia y tecnología en bioprospección.

Área temática	Número grupos	Principales líneas de investigación
Química y Bioquímica	28	<ul style="list-style-type: none"> - Productos naturales vegetales y marinos - Química de aromas y de pigmentos - Fitoinsecticidas - Antiparasitarios marinos - Bioensayos de extractos - Fitoquímica de productos naturales - Metabolitos de hongos - Sustancias antioxidantes, insecticidas, antifúngicas. - Obtención y caracterización aceites esenciales. - Análogos en alimentos, cosméticos y medicamentos.
Biología	12	<ul style="list-style-type: none"> - Biodiversidad marina y productos bioactivos marinos - Caracterización molecular - Citogenética - Compuestos antibióticos y/o bacteriostáticos - Actividad antifúngica, insecticida y herbicida - Fitoterapia
Microbiología	7	<ul style="list-style-type: none"> - Bioprospección microbiana - Biología Molecular - Biorremediación
Agronomía	5	<ul style="list-style-type: none"> - Control biológico - Toxicología - Agricultura ecológica
Farmacia y farmacología	5	<ul style="list-style-type: none"> - Plantas con actividad antifúngica, antiinflamatoria, antiparasitaria, anticáncer, antiSIDA. - Química de medicamentos - Sustancias activas biológicas - Productos naturales marinos.
Fisiología y Genética	4	<ul style="list-style-type: none"> - Fisiología vegetal - Bioprospección vegetal y de especies promisorias
Botánica	3	<ul style="list-style-type: none"> - Botánica económica - Etnobotánica - Fitoquímica
Ecología	3	<ul style="list-style-type: none"> - Ecosistemas marinos y acuáticos - Ecología evolutiva
Medicina	2	<ul style="list-style-type: none"> - Obtención productos naturales
CyT Alimentos	1	<ul style="list-style-type: none"> - Frutales
Derecho	1	<ul style="list-style-type: none"> - Acceso a Recursos genéticos
TOTAL	71	

59

Fuente: elaborada por los autores con base en información de la red SCIENTI (www.colciencias.gov.co)

3.2. Recursos humanos que adelantan investigación científica y tecnológica en bioprospección en Colombia

En estos 71 grupos realizan labores de ciencia y tecnología 995 integrantes (investigadores y estudiantes), entre los cuales el 62% posee título de postgrado (43% maestría o especialización y 19% doctorado). De los 71 líderes de los grupos, 47 poseen título de PhD, 22 título de maestría y 2 no poseen posgrado. De los 47 líderes con PhD, 33 lo obtuvieron en universidades extranjeras y 14 en universidades colombianas. Los 33 líderes con PhD de universidades extranjeras estudiaron en países como España (8), Estados Unidos (7), Francia (4), Alemania (3), Bélgica (2), Brasil (2), Venezuela (2), Inglaterra (1), Rusia (1), Japón (1), Chile (1) y Cuba (1), mientras que los 14 líderes con PhD obtenido en Colombia proceden de la Universidad Nacional (8), Universidad de Antioquia (3), Universidad del Valle (2) y Universidad de Los Andes (1). De los 22 líderes con maestría, 21 obtuvieron el grado de universidades colombianas y uno en una universidad extranjera.

Las cifras anteriores indican que los grupos dedicados a realizar bioprospección poseen recursos humanos capacitados para realizar investigación en áreas de conocimiento que son básicas para llevar a cabo dicho proceso, y que este proceso de formación académica refleja el producto de una política colombiana para capacitar recursos humanos a nivel de doctorado, tanto en universidades extranjeras como a través de los programas doctorados nacionales.

60

Además de los grupos identificados anteriormente, a través de la plataforma ScienTI se detectó que hay al menos otros 100 grupos colombianos que aunque no trabajan directamente en actividades de bioprospección, enfocan sus acciones en áreas como biotecnología, biodiversidad, conocimiento tradicional, recursos genéticos y recursos naturales, los cuales pueden servir de soporte para realizar alianzas con el objeto de adelantar trabajos comunes entre estos grupos con los que se identificaron y mencionaron anteriormente. Para ello se requiere el fomento de un mayor grado de articulación y de esta forma proporcionar valor agregado de alta calidad científica y tecnológica a los productos y procesos obtenidos de acciones de bioprospección. Un ejemplo de la necesidad de esta interacción se presenta dentro de los grupos de biodiversidad y conocimiento tradicional que desarrollan actividades relacionadas con políticas públicas para el desarrollo sostenible, acceso a los recursos genéticos, propiedad intelectual y coordinación del sistema de información sobre biodiversidad, los cuales darían un importante sustento en estos temas a los grupos que generen productos y sustancias bioactivas.

3.3. Áreas temáticas abordadas por los grupos de investigación que desarrollan actividades en bioprospección

Los 71 grupos desarrollan actividades en once áreas del conocimiento, destacándose la química, bioquímica y biología y una gran variedad de líneas de investigación (Tabla II).

Tabla II. País editor de la revista con artículos científicos de grupos colombianos que trabajan en bioprospección o áreas afines

País Editor	No. Artículos científicos	% por país
Estados Unidos	60	40.0
Inglaterra	46	30.0
Holanda	9	6.0
Suiza	7	4.6
Colombia	7	4.6
Alemania	6	4.0
Irlanda	4	2.6
Japón	3	2.0
Brasil	3	2.0
Canadá	1	0.7
Costa Rica	1	0.7
México	1	0.7
Emiratos Árabes	1	0.7
Escocia	1	0.7
Nueva Zelanda	1	0.7
TOTAL	151	100

Con base en el análisis de una muestra de 259 proyectos que ejecutan los 71 grupos de bioprospección, se evidencia que dichos grupos trabajan sobre una gran gama de temas. Se destaca que la mayoría de los proyectos (70%) están representados por actividades relacionadas con fases primarias de la práctica bioprospectiva, tales como estudios de caracterización, aislamiento, identificación, búsqueda, valoración y evaluación de compuestos, los cuales no presentan una aplicación específica. Por su parte, un 27% de los proyectos ejecutados por los grupos de bioprospección tienen relación con temáticas que se podrían considerar más cercanas a valoración potencial comercial, tales como la actividad antiparasitaria contra leishmaniosis, chagas y malaria; vegetales con actividad citotóxica y anticancerígena; producción de aceites esenciales; especies marinas con actividad antifouling e identificación de pigmentos y aromas naturales con potencial para la industria alimenticia

Con base en la información suministrada por los líderes de los grupos y del análisis de 151 artículos de investigación publicados en revistas indexadas internacionalmente, se detecta que las principales áreas temáticas en las cuales los grupos colombianos tienen publicaciones internacionales son química (26% de los artículos); productos naturales y principios bioactivos (15%); microbiología y biotecnología (10%); biología evolutiva y genética (10%); biología básica (9.3%); medicina humana o veterinaria (7.9%); ciencias marinas (6.6%); bioquímica y/o biofísica (5.3%); ciencia y tecnología de alimentos (4%) y entomología, fitopatología y control biológico (4%) (Tabla III). Estas áreas coinciden con las temáticas identificadas anteriormente dentro del accionar de los grupos colombianos.

Tabla III. Países cooperantes con los grupos colombianos que trabajan en bioprospección y áreas afines

País cooperante	Número artículos	Número Particip.	Número Instituc.	Univ.	Centros Inv.	Acad. CCyT	Museos	Empresa
Colombia	52	210	24	14	9	0	0	1
E. Unidos	22	44	22	14	7	1	0	0
Japón	12	19	3	2	1	0	0	0
Alemania	10	10	6	4	2	0	0	0
Panamá	10	12	3	0	2	1	0	0
Venezuela	10	10	2	1	0	0	1	0
Puerto Rico	9	9	1	1	0	0	0	0
Inglaterra	8	10	5	5	0	0	0	0
España	7	24	11	10	0	1	0	0
Brasil	7	11	8	6	2	0	0	0
Francia	5	6	4	1	3	0	0	0
Escocia	3	4	2	2	0	0	0	0
Argentina	3	5	4	1	2	1	0	0
Chile	3	3	2	2	0	0	0	0
México	2	4	2	2	0	0	0	0
Bélgica	2	2	1	0	1	0	0	0
Bolivia	2	2	2	1	1	0	0	0
N. Zelanda	2	2	2	0	2	0	0	0
Australia	2	2	2	1	0	0	1	0
Suecia	2	2	2	1	1	0	0	0
Suiza	1	1	1	0	1	0	0	0
China	1	1	1	0	0	1	0	0
Costa Rica	1	1	1	1	0	0	0	0
Uruguay	1	1	1	1	0	0	0	0
Canadá	2	2	2	2	0	0	0	0
TOTAL	179	397	114	72	34	5	2	1

Número particip.: número de participaciones es la cantidad de veces que las instituciones de un país participan en el total de artículos. Número instituc.: número de instituciones; Univ.: universidades; Centros inv.: centros de investigación; Acad. CCyT: academias científicas o consejos de ciencia y tecnología.

Con relación a los objetos de estudio de los trabajos de investigación que se reportan en las publicaciones de los grupos colombianos se encuentra que los principales son organismos marinos, vegetales, bioplaguicidas o biocontroladores (28%, 21% y 18% de los artículos, respectivamente); enfermedades humanas, genética evolutiva de invertebrados, microorganismos y genética humana (9%, 7%, 6% y 1%, respectivamente); métodos de química molecular, métodos de síntesis química y métodos de compuestos químicos para actividad biológica (4%, 4%, 3%). Ello se complementa con la información suministrada por los líderes de los grupos colombianos, quienes expresaron que las principales temáticas de trabajo son la evaluación de extractos de plantas con actividad contra leishmaniosis y tripanosomiasis; actividad citotóxica, antibacteriana y antiinflamatoria de esponjas

marinas; evaluación in vitro de plantas con actividad contra *Mycobacterium tuberculosis*; identificación, transformación y bioprospección de hongos filamentosos nativos; control de hongos fitopatógenos; extracción y síntesis de aromas naturales para incorporación en aditivos para alimentos; bioprospección de la biodiversidad colombiana con potencial alimenticio, farmacéutico, cosmético, ambiental o industrial y generación de aditivos y probióticos para mejorar la producción animal. Del total de publicaciones, en el 32% se menciona la aplicación potencial de los resultados del estudio; en las restantes, por tratarse de investigación básica no hay identificación precisa de la posible aplicación. Lo que estos datos revelan es que existe una porción significativa de grupos de investigación en bioprospección que están concentrados en estudiar aspectos muy relevantes para los problemas sociales del país, el cual es un punto de partida importante para la política de ciencia, tecnología e innovación mediante el cual se debería fomentar la articulación de las actividades de estos grupos con otras instituciones y con empresas para avanzar en etapas que se direccionen hacia el aprovechamiento comercial de productos.

Del análisis de las áreas temáticas y líneas de investigación de los grupos que desarrollan actividades de ciencia y tecnología en procesos de bioprospección se puede deducir lo siguiente:

- Algunos grupos que declaran trabajar en bioprospección realizan dicha actividad de manera tangencial, ya que sus líneas prioritarias de investigación están enfocadas en otros aspectos que, aunque pueden estar relacionadas con ésta, no necesariamente son el punto focal. Este es el caso de algunos grupos que tienen como área temática la agronomía, los cuales están más enfocados hacia el control biológico para plagas y enfermedades de café y palma (pertenecientes a los centros de investigación Cenicafé y Cenipalma), sin que dicho control biológico provenga de actividades relacionadas con bioprospección, ya que estos grupos no identifican toxinas u otras sustancias producidas por insectos que puedan ser usadas para control biológico.
- Existen competencias para realizar caracterizaciones taxonómicas, bioquímicas y moleculares tanto de microorganismos como de plantas y animales, las cuales deben ser más aprovechadas con el fin de focalizar objetos de estudio más específicos que puedan ser analizados a profundidad y de esta manera lograr avances hacia trabajos con potencialidad económica que puedan ser abordados por grupos de investigación o por otras unidades con mayor capacidad empresarial.
- Posiblemente, la línea de investigación que en la actualidad presenta más avances en bioprospección es la relacionada con la bioactividad en organismos marinos colombianos. Para el logro de estas acciones se han unido las capacidades de grupos de la Universidad Nacional y del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR). Mediante este trabajo conjunto se han colectado para evaluación de bioactividad y estudios químicos 70 esponjas marinas, de las cuales se han aislado 300 compuestos químicos con 70 estructuras novedosas que poseen buen potencial de actividad antimicrobiana y antitumoral (Duque, 2008).
- Aunque todos los grupos realizan acciones en bioprospección, hay dos que

presentan una enorme potencialidad para emprender dichas actividades (grupo de Programa Botánica Económica y grupo de Biotecnología de Productos Naturales), debido a que desarrollan trabajos que se pueden considerar integrales para abarcar la bioprospección mediante acciones relacionadas con el estudio fitoquímico de actividad biológica, el uso del conocimiento tradicional y la valoración económica de los recursos naturales. Es preciso considerar que el trabajo de estos dos grupos está consolidándose, ya que aún no presentan productos considerados por COLCIENCIAS de alta calidad y por tanto requieren apoyo y alianzas con otros grupos.

- Sólo uno de los 71 grupos ha desarrollado algún trabajo relacionado con el marco conceptual y normativo en materia de acceso a recursos genéticos, lo cual indica la necesidad de que los grupos que trabajan directamente con bioprospección deben buscar articulaciones con aquellos grupos que trabajan estas temáticas.

Del análisis de las experiencias colombianas en procesos de bioprospección presentadas anteriormente se evidencia que dichas experiencias se concentran en modelos de interacción entre universidades o institutos nacionales de investigación; asimismo, aparentemente en Colombia aún no hay experiencias documentadas de interacción norte-sur para realizar procesos de bioprospección con fines específicos comerciales. Esta deducción coincide con lo expresado por un líder de uno de los grupos colombianos que trabaja en la búsqueda de productos con actividad biológica, quien manifestó que es muy temprano para que Colombia entre en alianzas con empresas multinacionales farmacéuticas (Roca, 2004).

64

Además, es importante tener en cuenta que Colombia posee uno de los marcos jurídicos y legales más complejos a nivel mundial, que está dificultando enormemente la posibilidad de avanzar en trabajos tanto científicos en alianza entre universidades o centros de investigación, como alianzas entre lo científico y lo empresarial (Duarte y Velho, 2008). Esta consideración es muy importante ya que se podría resumir diciendo que Colombia como país biodiverso ha venido incrementando las capacidades endógenas de sus grupos de investigación científica y tecnológica para adelantar procesos de bioprospección, pero estos esfuerzos no se han podido expresar de una forma plena ya que el marco legal que regula la exploración y explotación de la biodiversidad colombiana está limitando de una manera muy restrictiva el avance de alianzas y articulaciones.

3.4. Periódicos en los cuales publican los grupos colombianos que trabajan en bioprospección

El análisis de los títulos de las revistas indica que los 151 artículos mencionados están publicados en 90 periódicos editados en 15 países (Tabla IV), destacándose que el 70% de artículos pertenecen a revistas editadas en Estados Unidos e Inglaterra y el 6% a revistas editadas en países de Latinoamérica. Este indicador seguramente refleja la dinámica de cooperación internacional de estos grupos colombianos, aspecto que podría ser analizado en otro estudio específico sobre el tema.

Tabla IV. País editor de la revista con artículos científicos de grupos colombianos que trabajan en bioprospección o áreas afines

País Editor	No. Artículos científicos	% por país
Estados Unidos	60	40.0
Inglaterra	46	30.0
Holanda	9	6.0
Suiza	7	4.6
Colombia	7	4.6
Alemania	6	4.0
Irlanda	4	2.6
Japón	3	2.0
Brasil	3	2.0
Canadá	1	0.7
Costa Rica	1	0.7
México	1	0.7
Emiratos Árabes	1	0.7
Escocia	1	0.7
Nueva Zelanda	1	0.7
TOTAL	151	100

Fuente: elaborada por los autores con base en la información de ISI web Knowledge

Un 34% de los 151 artículos con circulación internacional son producidos por investigadores colombianos sin participación extranjera. De este subtotal de artículos solamente una décima parte pertenecen a revistas colombianas, lo que corrobora una ganancia de capacidad endógena de los grupos colombianos para realizar trabajos y publicar sin apoyo de cooperación internacional. Esto coincide con las cifras presentadas anteriormente sobre formación de postgrado a nivel de Colombia, lo que es reflejo de la política de apoyo a doctorados y maestrías nacionales y a la política de conformación y apoyo a grupos de investigación propiciada por COLCIENCIAS.

65

En cuanto a los títulos de las revistas, Tetrahedron posee el mayor número de artículos (10), seguida de otras revistas como Journal of natural products (7) y Biomédica (6). En otras revistas (Tabla III) se han publicado entre 3 y 5 artículos y en 60 revistas se ha publicado un solo artículo. La publicación de 151 artículos en 90 periódicos indica un gran número de títulos de revistas, lo cual corrobora la gran gama de temas y subtemas que abordan los trabajos de los grupos colombianos.

Las revistas en las cuales hay una mayor frecuencia de publicaciones de trabajos colombianos (Tabla III) presentan, de acuerdo a la información del Journal Citation Report, un factor de impacto que para los años 2006 o 2007 promedia en 2,5 con rangos entre 4,7 y 1, lo cual indica que dichos periódicos tienen una buena visibilidad entre las comunidades científicas respectivas.²

² El factor de impacto puede ser definido como la frecuencia en la cual un "artículo promedio" de un periódico es citado en otras revistas indexadas en un período determinado.

4. Conclusiones

Actualmente Colombia tiene la capacidad científica y tecnológica para avanzar de una forma más intensiva en actividades de bioprospección, lo cual se corrobora por la existencia de por menos 71 grupos que poseen las capacidades básicas con las cuales es posible profundizar en estos trabajos y por la existencia de un núcleo de profesionales con formación académica avanzada, obtenida tanto en Colombia como en el exterior, y por la capacidad para adelantar trabajos y generar artículos científicos producidos por estos grupos.

Colombia ha venido incrementando sus capacidades de ciencia y tecnología para realizar bioprospección, como resultado, inicialmente, de motivaciones e intereses específicos de los grupos de investigación, quienes a través de las experiencias vividas por parte de sus integrantes en otros países fueron incorporando líneas y áreas temáticas relacionadas con esta temática. Más recientemente, se observa que la política de ciencia y tecnología colombiana, mediante acciones específicas como el apoyo a centros de excelencia, ha venido reforzando las capacidades primarias de algunos grupos y se están logrando avances en la consolidación de dichos grupos y en la articulación interinstitucional de los mismos. Por tanto, se requiere la formulación de acciones estratégicas mediante las cuales se consiga un incremento importante de recursos económicos con los cuales se pueda dar soporte a proyectos de investigación e innovación tecnológica, se obtenga la continuidad en el apoyo para la creación y fortalecimiento de grupos de investigación científica y tecnológica y se incremente el número de investigadores colombianos con estudios de doctorado, tanto en Colombia como en el exterior.

66

Las actividades de bioprospección en Colombia son realizadas por grupos pertenecientes a universidades y centros de investigación y con escasa participación de empresas privadas, lo cual es lógico si se tiene en cuenta que la política colombiana de ciencia y tecnología ha priorizado el apoyo hacia estos grupos debido a que en ellos se encuentran las mayores fortalezas y capacidades endógenas. Aunque la política de ciencia y tecnología de Colombia ha intentado servir como soporte para que los grupos de empresas privadas adquieran capacidades, esto no se ha logrado debido principalmente a que los mecanismos propuestos no se adecuan a las necesidades, condiciones y requerimientos de dichos grupos. Una clara muestra son los esfuerzos que se han realizado en el país para incentivar la articulación universidad-empresa, con bajísimos resultados concretos.

La mayoría de los grupos colombianos que trabajan en bioprospección y gran parte de los trabajos realizados en esta área presentan una gran gama de acciones en áreas temáticas, líneas de investigación y focos potenciales con una baja aplicación de estos resultados. Además ha existido muy poca colaboración entre los grupos colombianos, lo que puso en evidencia la necesidad de priorizar temas estratégicos para Colombia en los cuales trabajen varios grupos de forma articulada.

Por el análisis de las áreas temáticas, líneas de investigación y publicaciones de los grupos colombianos, se puede visualizar que la bioprospección en organismos marinos es posiblemente la línea de investigación actualmente más importante y la de

mayor potencialidad económica, con la cual se debe aprovechar de una manera sostenible las extraordinarias áreas marinas colombianas.

Bibliografía

CASTREE, N. (2003): "Bioprospecting: from theory to practice (and back again)", *Transactions of the Institute of British Geographers*, vol. 28, no 1, pp. 35-55.

COLCIENCIAS (Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología), www.colciencias.gov.co

COLCIENCIAS (Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología), plataforma ScienTI, www.colciencias.gov.co

DUARTE, O. y VELHO, L. (2008): "Análisis del marco legal en Colombia para la implementación de prácticas de Bioprospección", *Acta Biológica Colombiana*, vol. 13, p. 103-122.

DUQUE, C. (2008): "Organismos marinos: fuente asombrosa de compuestos útiles para la humanidad", en el Seminario Internacional Tendencias y Futuro de la Investigación en Parasitología y en Productos Naturales, agosto de 2008, Bogotá.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación): *Convenio sobre la Diversidad Biológica*, http://www.fao.org/biodiversity/CBD_es.asp

67

FEINSILVER, J. M. (1996): "Prospección de la biodiversidad: potencialidades para los países en desarrollo". *Revista de la CEPAL*, no 60, p. 111-128.

JOURNAL CITATION REPORT :

http://www.thomsonreuters.com/products_services/scientific/Journal_Citation_Reports

LAIRD, S. A. y WYNBERG, R. (2002): "Institutional policies for biodiversity research", en Sarah A. Laird (ed.): *Biodiversity and Traditional Knowledge, Equitable Partnerships in Practice*, Londres, Earthscan Publications Ltd, pp. 39-76.

MELGAREJO, L. M., SÁNCHEZ, L., CHAPARRO, A., NEWMARK, F., SANTOS-ACEVEDO, M., BURBANO, C. y REYES, C. (2002): "Aproximación al estado actual de la bioprospección en Colombia", *INVEMAR*, no 10.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL: *Expedientes de acceso a recursos genéticos*.

NEUMANN, K. y QUAGGIOTTO, G. (2005): "ABS Capacity Development and the Central Asia and Mongolia", *Bioresources and Biosecurity Network*, vol. 17, no 2, pp. 33-35.

QUEZADA, F. (2004): "Posibilidades de la biotecnología para el uso sostenible de los

recursos de biodiversidad en la región andina: recomendaciones y directrices estratégicas”, informe presentado a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), noviembre de 2003, Santiago de Chile.

ROA-ATKINSON, A. (2004): “Partnership in Bio prospecting in Colombia: North-South, Public-Private Partnerships in biotechnology relevant issues and impact in the developing countries”.

ROCA, W. (2004): “Estudio de las capacidades biotecnológicas e institucionales para el aprovechamiento de la biodiversidad en los países de la Comunidad Andina”, informe preparado para la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Corporación Andina de Fomento (CAF), febrero de 2004.

SWIDERSKA, K. (2001): “Stakeholder Participation in Policy on Access to Genetic Resources, Traditional Knowledge and Benefit-Sharing, Case Studies and Recommendations”, *Biodiversity and Livelihoods*, no 4, pp. 1-35.

TOBIN, B. (2002): “Biodiversity prospecting contracts: the search for equitable agreements”, en Sarah A. Laird (edit): *Biodiversity and Traditional Knowledge, Equitable Partnerships in Practice*, Londres, Earthscan Publications Ltd, pp. 287-309.

TRIGUEIRO, M. (2006): “Bioprospecção, uma nova fronteira da sociedade”, Proyecto PARBIO, www.ige.unicamp.br/parbio.