

## Parte B

# Estado de situación de las tecnologías transformativas y convergentes en los países andinos: el caso de la nanotecnología

### 4. Estado de situación de los países andinos y del proceso de integración subregional

#### 4.1. Resumen del estado de situación económica y social de los países andinos

El proceso de desarrollo de la región latinoamericana, incluidos los países andinos, ha visto periodos de aceleración y de recesión. Hoy existe una alta tasa de crecimiento económico gracias a las condiciones internacionales favorables, si se la mide por un incremento del PIB y las exportaciones, así como la estabilidad macroeconómica. Este crecimiento es también atribuible al impulso de la demanda interna, una alta tasa de utilización de la capacidad instalada en las industrias, la apreciación del tipo de cambio, relativa a niveles de 2002–2003, y una oferta importante de crédito.

Todas las proyecciones señalan que esta tendencia continuará, gracias en particular, a la expansión de China e India, el fortalecimiento de la integración de la región y las posiciones fiscales y externas menos vulnerables<sup>28</sup>. A pesar de este crecimiento económico, los países de la región, y en particular los andinos, se encuentran retrasados respecto a otros en el mundo. Un ejemplo de esto se expresa por el Índice de Competitividad Global (ICG) y el Índice de Competitividad de Negocios (ICN) (ver Cuadro 9).

28 ECLAC (2006)

**Cuadro 9**  
**Índices de competitividad global y de negocios para 2006**

País	Posición ICG <sup>1</sup>	Posición ICN <sup>2</sup>	País	Posición ICG <sup>1</sup>	Posición ICN <sup>2</sup>	País	Posición ICG <sup>1</sup>	Posición ICN <sup>2</sup>
Suiza	1	4	Chile	27	29	Argentina	69	78
Finlandia	2	3	España	28	30	Uruguay	73	62
Suecia	3	7	Barbados	31	42	Perú	74	71
Dinamarca	4	5	Emiratos Árabes	32	31	Guatemala	75	61
Singapur	5	11	Italia	42	38	Rep Dominicana	83	84
Estados Unidos	6	1	India	43	27	Venezuela	88	93
Japón	7	9	Costa Rica	53	50	Ecuador	90	105
Alemania	8	2	China	54	64	Honduras	93	106
Países Bajos	9	6	Panamá	57	58	Nicaragua	95	102
Reino Unido	10	8	México	58	57	Bolivia	97	117
Taiwán, China	13	21	Jamaica	60	54	Surinam	100	109
Canadá	16	15	El Salvador	61	60	Paraguay	106	120
Francia	18	16	Rusia	62	79	Guyana	111	114
Irlanda	21	22	Colombia	65	59	Chad	123	121
Corea del Sur	24	25	Brasil	66	55	Burundi	124	-
Malasia	26	20	Trinidad y Tobago	67	63	Angola	125	-

Fuente: Foro Económico Mundial (2006a)

1. Índice de Competitividad global sobre 125 países

2. Índice de Competitividad de Negocios, sobre 121 países

**Cuadro 10**  
**Necesidades básicas no satisfechas en la región latinoamericana**

Población con necesidades básicas no satisfechas (en porcentajes)	No asistencia a establecimiento educativo <sup>1</sup>	Sin facilidades sanitarias internas	Sin electricidad	Ausencia de agua potable	Piso de tierra	Cinco años de educación o menos <sup>2</sup>	Sobrepoblación	Ausencia de sistemas apropiados de alcantarillas
0 - 4.9	Argentina <sup>3</sup> Brasil Chile Costa Rica Ecuador <sup>4</sup> Guatemala Honduras México Panamá Paraguay Perú Uruguay Venezuela	Argentina <sup>3</sup> Chile Costa Rica Ecuador <sup>4</sup> Paraguay Dominicana Uruguay <sup>5</sup>	Argentina <sup>3</sup>  Brasil Chile Costa Rica Ecuador <sup>4</sup> México Venezuela	Chile Costa Rica Uruguay <sup>6</sup>	Chile Costa Rica Ecuador Rep. Dominicana Venezuela	Uruguay <sup>6</sup>	Uruguay <sup>6</sup>	Argentina <sup>3</sup>
5.0 - 9.9	Colombia	Brasil Colombia El Salvador México Venezuela	Colombia Paraguay	Colombia Venezuela	Colombia	Argentina <sup>3</sup> Ecuador <sup>4</sup>		
10.0 - 19.9	El Salvador	Nicaragua Perú	El Salvador	Ecuador Honduras Paraguay	México	Chile Costa Rica Panamá Uruguay Venezuela	Colombia Costa Rica	Chile Colombia

Población con necesidades básicas no satisfechas (en porcentajes)	No asistencia o establecimiento educativo <sup>1</sup>	Sin facilidades sanitarias internas	Sin electricidad	Ausencia de agua potable	Piso de tierra	Cinco años de educación o menos <sup>2</sup>	Sobrepoblación	Ausencia de sistemas apropiados de alcantarillas
20.0-29.9	Honduras	Guatemala <sup>4</sup> Perú	Bolivia El Salvador Nicaragua Perú	El Salvador Paraguay	Bolivia Colombia El Salvador Honduras Nicaragua Paraguay Perú Dominicana	Brasil Rep. Dominicana	México	
30.0-39.9	Bolivia	Bolivia Honduras Nicaragua	Bolivia Honduras Nicaragua	Bolivia Honduras	Bolivia Honduras	Brasil Guatemala	Ecuador <sup>3</sup> México Venezuela	Costa Rica Ecuador <sup>3</sup> Uruguay Venezuela
40 o más	Bolivia			Nicaragua Perú		Bolivia El Salvador Guatemala <sup>4</sup> Honduras Nicaragua Paraguay	Bolivia Brasil El Salvador Guatemala <sup>4</sup> Honduras Nicaragua Paraguay Perú Rep. Dominicana	

Fuente: ECLAC (2005)

1. Población entre los 7 y 12 años
2. Población de 18 años o más
3. Áreas urbanas
4. Población de 7 años o más

Al año 2005, en proyecciones basadas en el crecimiento económico de Latinoamérica, se establece que 40.6 por ciento de su población vive en estado de pobreza y que 16 por ciento de estas personas son extremadamente pobres o indigentes. Ello significa que 213 millones de personas de la región son pobres y 88 millones son extremadamente pobres<sup>29</sup>. Las dimensiones de la pobreza son muchas y difíciles de superar. El Cuadro 10 muestra las necesidades básicas no satisfechas de los países de la región, con particular referencia a los países andinos.

Las cifras anteriores muestran una disminución en el número de pobres e indigentes de alrededor de 10 y 8 millones respectivamente, cuando se comparan con las del año 2002, y destacan tendencias favorables en muchos países. Las proyecciones muestran también que la región ha alcanzado el 51 por ciento en su camino para lograr la primera meta del Milenio, que es reducir a la mitad la proporción de personas que viven en la extrema pobreza para el año 2015.

A pesar de cualquier mejora señalada por los indicadores existentes, se debe considerar que éstos reflejan una situación promedio. La inequidad real existente se manifiesta dramáticamente cuando se compara la situación entre áreas rurales y urbanas, o la situación de los ingresos medida por el índice Gini.

Una de las características más importantes del desarrollo reciente de la región latinoamericana ha sido el aumento en el gasto público dirigido al área social. En Bolivia, se pasó del 5 (1990-1991) al 13.6 por ciento (2002-2003) del PIB; en el mismo periodo, en Colombia, se pasó del 6.5 al 13.5 por ciento; en Ecuador, del 5.5 al 5.7 por ciento; en Perú, del 3.5 al 8 por ciento; y en Venezuela, del 8 al 11.7 por ciento. Una parte importante de este aumento ha sido destinado a la educación, lo que no necesariamente significa que la calidad de la educación haya mejorado.

#### **4.2 La integración subregional andina**

No existe en el mundo en desarrollo ningún otro proceso de integración subregional con un tejido institucional y organizacional más amplio y desarrollado que el de la Comunidad Andina de Naciones (el antiguo Acuerdo de Cartagena o Grupo Andino). El denominado Sistema Andino de Integración está conformado por instancias que, con

29 ECLAC (2005)

diversos grados de desarrollo, conforman dicho tejido institucional. Adicionalmente, la Comunidad constituye el proceso de integración con la mayor y más extensa gama de legislación vigente del hemisferio.

Con la firma del Acuerdo de Cartagena, el 26 de mayo de 1969, se crearon las bases institucionales de la integración andina. El actual Sistema Andino de Integración comprende un número importante de mecanismos institucionales:

- Consejo Presidencial Andino
- Consejo de Ministros de Relaciones Exteriores
- Comisión de la Comunidad Andina
- Secretaría General de la Comunidad Andina
- Tribunal de Justicia de la Comunidad Andina
- Parlamento Andino
- Consejo Consultivo Empresarial
- Consejo Consultivo Laboral
- Corporación Andina de Fomento
- Fondo Latinoamericano de Reservas
- Convenio Simón Rodríguez
- Universidad Andina Simón Bolívar

Existen otros consejos consultivos y asesores, entre los que destacan el Consejo Andino de Ciencia y Tecnología, el Consejo Industrial, el Consejo de Transportes, etc., y otros organismos asociados, como el Convenio Hipólito Unanue (salud) y el Convenio Andrés Bello (educación, ciencia y tecnología). Existen también órganos afiliados, como, por ejemplo, la Comisión Andina de Juristas o la Asociación de Empresas de Telecomunicación Andinas.

Si bien todos los mecanismos institucionales son importantes, se debe destacar que en la creación del Tribunal de Justicia (en 1979), los países confirieron a la Comisión de la Comunidad Andina la capacidad de dictar decisiones jurídicamente vinculantes en los países, sin necesidad de ratificación parlamentaria. Esta cesión de soberanía a un órgano supranacional constituye un rasgo de extrema importancia en la Comunidad Andina.

El proceso de integración andina estuvo marcado desde sus inicios por la teoría económica predominante en los años 60, que otorgaba prioridad a la planificación del desarrollo industrial y la política de sustitución de importaciones. En ese marco, se previeron diferentes instrumentos y mecanismos, comerciales y no comerciales, para lograr la integración. Entre éstos destaca la política tecnológica común, concebida para aprovechar demandas generadas por el proceso de integración, a fin de:

- Abrir la posibilidad de vincular la tecnología a la construcción del mercado ampliado
- Subordinar la inversión extranjera y la transferencia de tecnología a metas de interés comunitario
- Acercar la tecnología al proceso mismo de producción.

Para aprovechar la expansión del mercado al eventual aumento de la competitividad y la puesta en marcha de una programación industrial, se definieron políticas novedosas. Importar tecnología aprendiendo, asimilando, estimulando su acumulación y mejorando las opciones para su búsqueda era parte vital de una concepción que trataba de afirmar un proceso basado en capacidades internas, desplegando aptitudes propias y propiciando la utilización de factores locales de producción como ingredientes esenciales de un modelo de desarrollo independiente.

La aplicación de la política tecnológica hizo posible legislar novedosamente en materias poco familiares y permitió definir acciones prácticas para impulsar el desarrollo tecnológico. Sirvió a los países para definir nuevas respuestas nacionales, mejorar las condiciones de negociación de los contratos de tecnología y capacitar personal.

Por otro lado, mientras la integración andina avanzaba con dificultades en la programación industrial, los Programas Andinos de Desarrollo Tecnológico (PADT) constituyeron una nueva área experimental de la integración. Este instrumento de la política se convirtió en una contribución típica. En su ejecución se lograron constituir equipos multinacionales, captar importantes recursos financieros externos e internos, reducir diferencias en los niveles tecnológicos de los países, intercambiar información especializada y desarrollar nuevas técnicas y métodos de transferencia de tecnología. Los PADT mostraron también formas de cerrar el ciclo de innovación desde la generación de conocimiento hasta su inserción en la producción<sup>30</sup>.

30 Jaramillo y Aguirre (1989)

En este marco, ya en la década de los 80, los países andinos definieron programas comunes de desarrollo de las tecnologías transformativas, en particular la biotecnología y las tecnologías de la información. En la década de los 90, el énfasis fue puesto en la adopción de políticas y legislación común en materia de recursos genéticos y la puesta al día de la legislación comunitaria en materia de propiedad intelectual.

En general, y a partir de su creación en 1969, la integración andina ha avanzado en muy diferentes frentes<sup>31</sup>:

- Creación de más de 800 mil nuevos empleos directos
- Facilitación de la movilidad de los ciudadanos andinos entre los países
- Incremento de las exportaciones de Colombia a los países de la Comunidad, que pasó de 400 a 2 mil millones de dólares desde 1992
- Incremento de las exportaciones de Bolivia, que en el mismo periodo pasó de 86 a 400 millones de dólares
- Incremento de las exportaciones del Perú, que pasaron de 160 a 1,600 millones de dólares
- Creación de un comercio andino, que pasó de 800 a 5,000 millones de dólares
- Establecimiento de una avanzada carta de derechos humanos
- Permanente adopción de normas comunitarias comunes, dando seguridad a los ciudadanos e inversionistas
- Garantía del Tribunal Andino de Justicia a los derechos comerciales de los Estados y ciudadanos
- Elección directa de parlamentarios en el Parlamento Andino
- Creación de la Corporación Andina de Fomento, como el instrumento privilegiado de financiación de proyectos de desarrollo

Los instrumentos andinos constituyen hoy un enorme potencial para continuar avanzando, no solamente en estos frentes sino para consolidar el proceso de construcción de capacidades en investigación e innovación de los países miembros de la Comunidad Andina<sup>32</sup>.

31 Ehlers (2007)

32 En 2006, la República Bolivariana de Venezuela renunció a la Comunidad Andina de Naciones y Chile adhirió como Miembro Asociado.



## **5. Políticas y planes de ciencia, tecnología e innovación en los países andinos**

Considerando el estado de situación económica y social de la región, Ocampo (2002) año ha señalado que la actual y creciente insatisfacción debida a la aplicación del proceso de liberalización y otras reformas de los años 90 reclaman una nueva agenda de desarrollo, que pueda basarse en un nuevo balance entre el mercado y el interés público; y que una política proactiva para alcanzar tal balance, aplicada correctamente, será más amigable al mercado pero al mismo tiempo será más participativa, es decir que definiría la política pública como una forma organizada de acción que persigue objetivos de interés colectivo, mientras que al mismo tiempo convoca a una mayor transparencia.

De hecho, y sobre todo en los países andinos, una nueva agenda está en marcha, aunque no necesariamente de acuerdo con la propuesta de Ocampo. La ciencia, la tecnología y la innovación pueden contribuir de una manera decisiva a la implementación de una nueva agenda de desarrollo. Sin embargo, para que éstas tengan impacto será necesaria la construcción de nuevas capacidades, basadas en los logros ya alcanzados en los últimos años.

La mayoría de los países de la región no tienen dudas sobre la necesidad de construir capacidades; sin embargo, en ellos surge el reto de definir el tipo de capacidades que se deben construir, dadas las limitaciones existentes, y cómo implementar planes de construcción de las mismas. En el presente capítulo se hará una breve revisión de los esfuerzos realizados en la región y en los países andinos en la definición de las políticas y planes de CTI, destinados a la construcción de capacidades, en particular, capacidades en materia de tecnologías transformativas y su convergencia.

### **5.1. Visión general de América Latina**

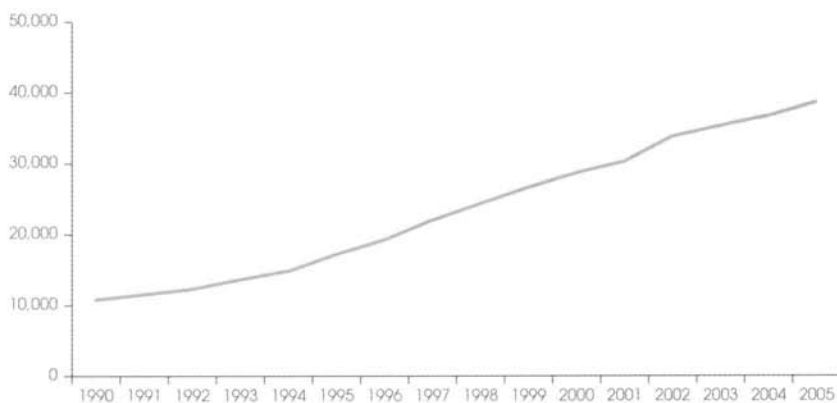
Durante varias décadas, los países de América Latina han estado desarrollando su institucionalidad definiendo políticas y planes en CTI y ejecutándolos con diferentes grados de éxito. Las políticas adoptadas permitieron llevar la ciencia y la tecnología a las empresas y crear mayor confianza en las capacidades científicas locales en diferentes áreas productivas. Algunos planes fueron exitosos en la implementación de

actividades que integraron los sectores público y privado, estableciendo "agendas comunes" en áreas de prioridad.

En general, las políticas y planes adoptados permitieron, entre otros, generar nuevos espacios para el desarrollo de la ciencia y la tecnología y construir infraestructura nueva; y tuvieron el mérito de reunir instituciones que en el pasado trabajaban aisladas unas de otras. Particularmente importantes fueron los logros alcanzados por las políticas en la década de los años 90, durante la cual se crearon fondos de alcance global y sectorial, se introdujo el concepto de sistema y se crearon ministerios o direcciones de alto nivel en la estructura gubernamental.

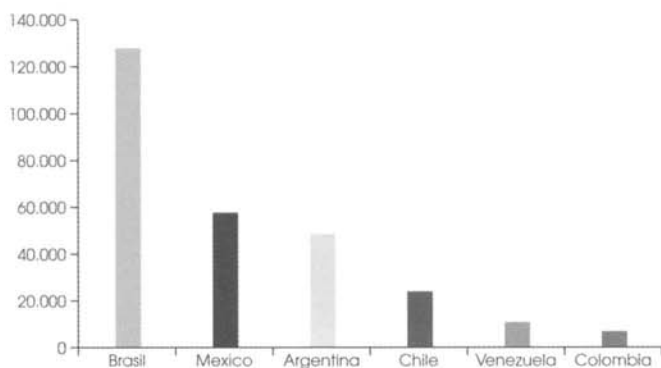
Los resultados de la implementación de las políticas se reflejan, por ejemplo, en algunos indicadores recientes, como el incremento en la calidad y número de las publicaciones científicas (Gráfico 2). En este caso, la presencia de la región en el *Science Citation Index* (SCI) se ha duplicado y alcanzado una tasa de crecimiento mayor que de otras regiones del mundo, aunque sigue la tendencia de que estas publicaciones se concentran en los países de mayor desarrollo (Gráfico 3). Asimismo, ha aumentado el número de investigadores (Gráfico 4)<sup>33</sup>.

**Gráfico 2: Publicaciones latinoamericanas en el *Science Citation Index***

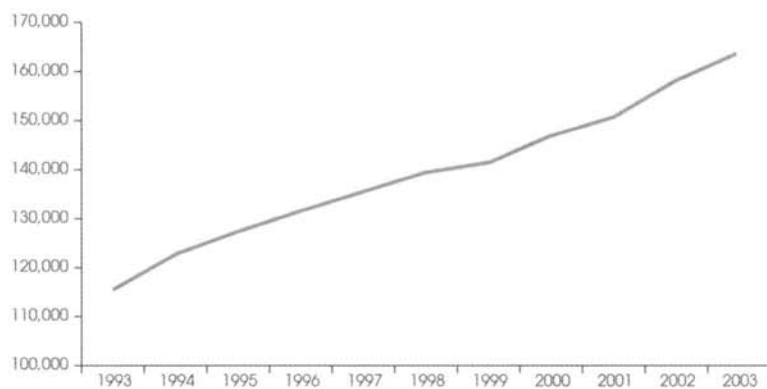


33 Charreau (2006)

**Gráfico 3: Número total de publicaciones en países seleccionados (1994-2005)**

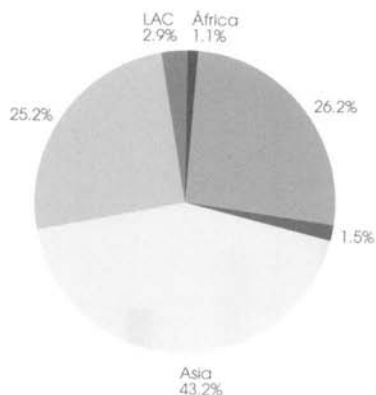


**Gráfico 4: Investigadores (tiempo completo) en América Latina y el Caribe**



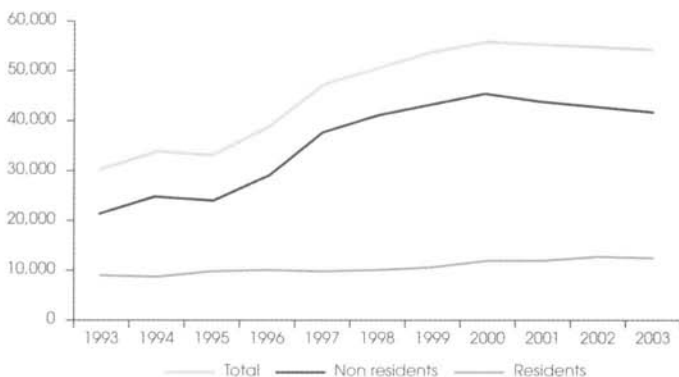
Sin embargo, aun con el incremento del número de investigadores, éste es todavía pequeño frente a otras regiones del mundo, tal como se evidencia en el Gráfico 5.

**Gráfico 5: Distribución mundial de investigadores (2003)**



Frente al aumento en las publicaciones científicas y la mejora de su calidad, el número de patentes locales continúa siendo pequeño y de lento crecimiento, mientras que el número de patentes extranjeras continúa en aumento, tal como muestra el Gráfico 6. Este indicador señala la ausencia de capacidades de innovación en la mayoría de los países de la región.

**Gráfico 6: Aplicaciones de patentes en la región latinoamericana**



En el contexto descrito, y a pesar de los muchos logros alcanzados en la aplicación de las políticas y planes, en la región en general, y con excepciones en algunos países, existe una sensación de insatisfacción en los círculos académicos, empresariales y sociales respecto de la calidad y relevancia de las políticas y las intenciones y decisión política de los gobiernos para apoyar la ciencia, tecnología e innovación (CTI).

La brecha existente entre el discurso gubernamental sobre su decisión de apoyar la CTI y las exiguas sumas de recursos financieros dispuestas para su ejecución, junto a muchas normas económicas y sociales que van en contrasentido, muestran una inconsistencia política total. Muchos estudios han analizado las políticas, estrategias y planes, alcanzando una serie de conclusiones de diferente naturaleza que explican su limitado impacto: falta de decisiones políticas reales, ausencia de fondos y de una cultura para la investigación y la innovación, son algunas de ellas<sup>34</sup>.

Durante la ejecución del Proyecto se desarrolló un estudio<sup>35</sup> que buscó conocer directamente de los actores involucrados las dificultades que enfrentan en el diseño y la puesta en marcha de las políticas y planes, para hacer de éstos efectivos instrumentos de desarrollo. Se consideró que una consulta directa era clave para comprender la dimensión política de la ciencia, tecnología e innovación, y en particular de las tecnologías transformativas, las que, como se ha señalado, han impuesto nuevos desafíos a la definición de políticas y el proceso de toma de decisiones. Esta consulta fue hecha a cerca de 100 funcionarios y ex funcionarios de alto rango en la administración de la CTI, de los cuales 34 respondieron a una encuesta. Se resumen a continuación los principales resultados de la consulta, señalándose que, si bien constituyen un esfuerzo de sistematización, no necesariamente describen la situación precisa de cada país en una región tan heterogénea como la latinoamericana.

#### **a) Definición de políticas y planes**

Para muchos de los gobiernos de la región, la CTI no fue una prioridad durante la década de los años 90, pues muchos de ellos estaban más bien embarcados en la aplicación del nuevo paradigma económico de la liberalización de los mercados y la reducción de la intervención estatal. Hoy, en 2007, y particularmente en muchos de los países más peque-

<sup>34</sup> Ver, por ejemplo, Velho (2004), OEA (2004), Albornoz (2002) y BID (2001)

<sup>35</sup> Gupta y Aguirre (2006)

ños, la CTI todavía espera ser considerada como un instrumento de cambio. La falta de decisión política es citada como la causa más común del lento desarrollo de la CTI, aun en presencia de políticas y planes. Cuando existió esta decisión, se tradujo rápidamente en importantes avances de la investigación y de la innovación, mostrando la existencia de una masa crítica que, bien utilizada, puede producir resultados de impacto.

Pero, aun frente a casos exitosos de aplicación de las políticas, existe una opinión que afirma que la mayoría de los planes derivados de las mismas han tenido poca influencia sobre el desarrollo social y económico. Existen varias causas que motivan esta situación, una de las más importantes de las cuales es que los planes están auto-centrados en la misma comunidad científica y tecnológica que los genera.

Esta situación es dramáticamente ejemplificada por el caso boliviano, en el cual ni siquiera la propia comunidad científica conoce los planes de CTI, como muestra la encuesta sobre difusión realizada durante la ejecución del Proyecto, y cuyos resultados están incluidos en el Cuadro 11. Se debe notar que esta falta de conocimiento se deriva en gran parte del poco interés que tiene la comunidad científica en los planes que no fueron en el pasado debidamente implementados por los gobiernos, por ejemplo, la falta de creación de fondos necesarios para promover la ciencia y la tecnología.

**Cuadro 11**  
**Grado de conocimiento de la política nacional de ciencia y tecnología**  
**(caso Bolivia)**

Preguntas	SÍ	%	NO	%
¿Conoce usted alguna política nacional dirigida a la promoción y fomento para el desarrollo de las ciencias y tecnologías?	24.00	15.20	134.00	84.80
¿Conoce usted alguna política nacional dirigida a la difusión de las ciencias y tecnologías?	8.00	5.10	150.00	94.90

Fuente: elaboración propia

Se debe señalar que esta situación se presenta a pesar de esfuerzos de difusión, diálogos, seminarios y otras manifestaciones hechas por las diferentes autoridades encargadas del organismo nacional de ciencia y tecnología. Una situación similar se evidencia en Ecuador, donde 76 por ciento de los consultados en el medio académico señalan

no conocer una política dirigida a la promoción de tecnologías transformativas o su convergencia y 19 por ciento señalan que sí la conocen, cuando se refieren realmente a los planes nacionales de CTI.

Otras limitaciones frecuentemente señaladas por los encuestados sobre la aplicación de las políticas y planes son la ausencia de participación del sector privado en su definición y la visión ofertista que todavía domina muchos planes y que contienen implícitamente un modelo lineal de CTI, aunque se reconoce también que ciertos planes han ido transitando hacia una visión de la demanda. Otra limitación importante es la falta de continuidad; muchos líderes de opinión sostienen que ésta debería constituir una política de Estado, y que su ausencia usualmente resulta en cortes presupuestarios y cambios de personal y de orientación.

Al mismo tiempo, una opinión bastante generalizada es que los planes deberían ser mucho más realistas, más detallados y flexibles. Una característica común es que son planes con objetivos interminables y proyectos y programas que no pueden ser ejecutados en el corto plazo. Al mismo tiempo, pocos buscan nichos de oportunidad acordes con las capacidades nacionales y el grado de competitividad del país, o con el comportamiento de los mercados globales. Es importante notar que muchos planes carecen de suficiente detalle para permitir inducir el interés de los productores o usuarios de conocimiento futuro. Un “*benchmarking*” y la construcción de cartas-de-tendencias son necesarias en la mayoría de casos.

Charreau (2006) ha señalado que un aspecto central en la evaluación de las políticas de CTI en la región correspondientes a la década pasada debería ser el valor del impacto social de la aplicación de recursos a la investigación, tanto para justificar la continuidad del esfuerzo como para poder desarrollar los instrumentos necesarios que garanticen que los beneficios del progreso del conocimiento alcancen a la sociedad. Éste es un ejercicio pendiente.

Cuando se trata de las políticas y planes de CTI, es clave mencionar a las universidades, y en el caso de muchos países pequeños, a las universidades públicas en particular, toda vez que éstas concentran un alto porcentaje de la investigación que se realiza en un país. Actualmente hay muchas universidades públicas latinoamericanas que no han adoptado sus propias políticas de promoción de la investigación o

de vinculación con el sector productivo, y no atraen jóvenes a las carreras técnicas o científicas. Otra limitación aparejada es que las universidades atraviesan una crisis de credibilidad y calidad. Esta situación, desde la perspectiva de las políticas y planes de CTI, es delicada, pues muchos de éstos convocan precisamente a las universidades públicas como principales instrumentos de generación, difusión y utilización de conocimiento.

#### **b) Prospectiva (*Foresight*) y planes de largo plazo**

Las técnicas de prospectiva han sido utilizadas sólo por un limitado número de países en la formulación de sus políticas y planes de largo plazo. El esfuerzo mayor en este sentido ha sido del Brasil, que condujo dos grandes proyectos: uno sobre el futuro desarrollo de la ciencia y la tecnología (PROSPECTAR) y el segundo sobre sectores productivos específicos. En los países andinos, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela han adoptado planes de largo plazo, que serán discutidos más adelante.

#### **c) Recursos financieros**

La ausencia de recursos financieros es uno de los cuellos de botella en el desarrollo de la CTI en la región, adicionando a esto la excesiva y pesada burocracia para su ejecución. Si la investigación va a tener impacto sobre la innovación y otros procesos económicos, entonces es absolutamente necesario aumentar estos recursos. En la región, solamente Brasil ha alcanzado el 1 por ciento del PIB como inversión en investigación. Frente a la ausencia de recursos, varios países han instituido programas de pequeñas donaciones, con algún grado de éxito, lo que ha permitido mejorar laboratorios, estimular misiones de investigadores, facilitar publicaciones y otras actividades centrales de investigación.

Además, varios países han sido exitosos en constituir fondos dirigidos a la innovación, como es el caso de Brasil, Argentina y Chile. Existe una opinión generalizada, entre líderes de opinión en CTI, en sentido de que se requieren muchas más inversiones en las tecnologías transformativas, si es que la región quiere tener la posibilidad de competir con otras en el futuro mercado de la nanotecnología y las tecnologías convergentes.



Es importante mencionar el papel clave que ha jugado y juega el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Banco Mundial (BM) en la facilitación de préstamos y asistencia técnica para la ejecución de programas y proyectos contenidos en los planes de desarrollo de la CTI en la región.

#### **d) Desarrollo institucional**

Como un resultado de la aplicación de políticas y planes de CTI, en las últimas dos décadas se ha producido una modificación institucional importante en toda la región. Esta modificación alcanzó tanto las estructuras de definición de políticas y planificación como las estructuras de investigación y servicios a la investigación y la innovación. Si bien estas modificaciones han favorecido el desarrollo de la CTI, persiste la opinión de que las instituciones encargadas de la definición de políticas deben ser elevadas de nivel en el conjunto de las estructuras gubernamentales, ya que sólo en algunos países existe un organismo de CTI a nivel ministerial.

Entre las instituciones de investigación e innovación nuevas y de interés de este estudio resaltan los Institutos del Milenio en Brasil y Chile, el Laboratorio de Nanotecnología en Costa Rica y varias incubadoras de empresas de base tecnológica en diferentes países. Una de las cuestiones levantadas por varios líderes de CTI se ha referido a la necesaria descentralización de la gestión de la CTI, y algunos países como México y Colombia han ejecutado acciones exitosas en este proceso.

#### **e) Vinculación**

La vinculación investigación–producción–gobierno ha sido tema de discusión por décadas en la región, y las políticas adoptadas han definido lineamientos e instrumentos para alcanzar dicha vinculación. Como resultado, existen avances en la contratación por parte de la industria de servicios universitarios, la utilización de capacidades locales en obras de infraestructura y otras formas de vinculación que han servido para mejorar la credibilidad de la investigación local frente al sector productivo privado y público, aunque éstos son procesos bastante lentos. La opinión de los líderes de CT es que el desarrollo en este aspecto es aún muy joven en la mayoría de países y que solamente dentro de algún tiempo se podrá medir hasta dónde las políticas y planes que definen la vinculación se cumplen plena y exitosamente.

## **f) Recursos humanos, educación y entrenamiento**

Todos los líderes coinciden en que la educación y entrenamiento de la fuerza laboral es la clave del éxito para la CTI. Algunos opinan que la educación debe ser totalmente renovada, desde la escuela primaria hasta la universidad, y particularmente a nivel doctoral. El entrenamiento de recursos humanos ha recibido especial atención en las políticas y planes de CTI y, como consecuencia, en algunos países cientos de estudiantes graduados se han entrenado fuera, mientras que otros han definido programas propios de calidad.

Como resultado del proceso de educación y entrenamiento, algunos países han logrado adquirir masas críticas suficientes para la operación de sus sistemas de CT en ciertas áreas. A pesar de ello, sin embargo, muchos líderes consideran que el esfuerzo hasta ahora realizado no es suficiente, en particular en materia de la preparación de cuadros en la gestión de la investigación y la innovación, ya que se requieren investigadores calificados en la industria en la mayoría de los países.

## **g) Enfoques participativos**

No es suficiente contar con leyes, políticas y planes desde los gobiernos para avanzar en la CTI, es también necesario movilizar a la propia sociedad civil, de manera que se llegue a crear una cultura de investigación e innovación. Algunos avances se han logrado en materia de crear una conciencia pública en torno a la CTI, pero ello debe ser profundizado. Para que esto ocurra, un público informado es fundamental, y las políticas deben contemplar formas de democratizar el conocimiento, a tiempo de facilitar la amplia participación de actores del desarrollo en el proceso de toma de decisiones.

## **h) Cooperación e integración regional e internacional y redes**

La internacionalización de la ciencia es mencionada frecuentemente en las políticas y planes de CTI, considerando que constituye un instrumento importante de construcción de capacidades. En el caso de los países pequeños, la cooperación constituye el factor clave para el desarrollo de la CTI, puesto que provee recursos para la infraestructura, operación de laboratorios y establecimiento de grupos de investigación. En esta materia, la región ha avanzado significativamente, gracias a la presencia de organismos de cooperación internacional, regional, bilateral, ONGs y otros.

En la cooperación horizontal existen experiencias positivas; por ejemplo, la constitución de un centro binacional de biotecnología entre Brasil y Argentina, otros esfuerzos conjuntos en materia de TIC's y, más recientemente, acuerdos iniciales de cooperación en nanotecnología.

La mayoría de los líderes de CTI resaltaron que el trabajo en red logrado en los últimos años fue un logro importante en la aplicación de las políticas y planes, y que todavía queda un esfuerzo importante a continuar. Un ejemplo de este proceso ha sido el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), que ha logrado generar comunicación y trabajo conjunto entre más de 10,000 investigadores de universidades, centros de investigación y empresas innovadoras de la región. Organismos como la OEA y entes regionales como el Convenio Andrés Bello han sido también capaces de movilizar a cientos de investigadores y conformar entre ellos redes de cooperación científica. Otro tipo de redes ejemplares ha sido CALDAS, que ha organizado a investigadores colombianos trabajando en el exterior en torno a objetivos de desarrollo nacional.

## **5.2. Políticas en los países andinos**

Todos los países andinos, al igual que los otros países de la región, han definido y adoptado políticas y planes de ciencia y tecnología a lo largo de muchos años. En la presente sección se hará una breve revisión de los mismos, con un énfasis en la identificación de la existencia (o no) de políticas dirigidas al desarrollo, difusión y utilización de las tecnologías transformativas y su convergencia.

En Bolivia, en los últimos diez años, tres propuestas de política y planes de CTI fueron adoptados por los más altos niveles de Gobierno. La primera, en 1996, fue el denominado Plan de Corto Plazo de CTI, adoptado y ejecutado exitosamente por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, a la cabeza del entonces Vicepresidente de la República. La segunda, bajo el denominativo de Plan Nacional de CTI 2005–2009, aprobado por el Comité Interministerial de Ciencia y Tecnología en febrero de 2005 y derivado de la Ley 2209 sobre CTI, no tuvo ninguna aplicación. La tercera, contenida en el Plan Nacional de Desarrollo 2006–2011<sup>36</sup> ha definido nuevos enfoques, señalando que además de los tradicionales obstáculos al desarrollo de la CTI, los limitados resultados

36 [www.planificacion.gov.bo](http://www.planificacion.gov.bo)

de los esfuerzos para generar una política y desarrollar una institucionalidad se debieron a la no definición de los mecanismos de articulación entre los espacios productivos y los científicos y a la no visualización de la existencia de otros espacios de generación de conocimientos que no fueran los centros científicos tradicionales.

El componente de CTI del Plan Nacional de Desarrollo reitera los propósitos de las políticas y estrategias anteriores de otorgar al Estado un papel protagónico en el desarrollo de la CTI y determina asimismo que la estructura institucional a ser creada bajo la denominación de “Sistema Boliviano de Innovación” asegurará la interacción entre el sector científico–tecnológico, el sector productivo y el Estado. Para implementar el contenido del dicho plan, se ha determinado una inversión de alrededor de 184 millones de dólares, lo cual significa un incremento sustantivo de los montos hasta ahora asignados al desarrollo de la CTI.

Los impactos esperados de la puesta en marcha del sistema son varios:

- Apoyo a los procesos de búsqueda, generación, diseño, adquisición, adaptación y difusión de nuevas tecnologías y conocimientos, tanto productivos y sociales como ambientales
- Creación de espacios de concertación público-privado-académico para la solución de problemas estructurales del sector productivo
- Mejora de la ejecución de la inversión pública en temas de apoyo productivo, tanto del Gobierno central como de las Prefecturas y Municipios
- Modernización en la administración de los servicios técnico-tecnológicos de apoyo al Estado

En el plan boliviano no aparece explícitamente una mención a las tecnologías transformativas, excepto las TIC’s, que cubren un conjunto grande de proyectos; muchos de éstos, por otro lado, sólo podrán ser ejecutados exitosamente con la utilización de estas tecnologías, principalmente la biotecnología aplicada a la agricultura y la salud.

Colombia tiene, como otros países de mayor tradición en CT en la región, una importante experiencia en la definición de políticas y planes de CTI. El 2005 aprobó el Plan Nacional 2005–2014<sup>37</sup>, que consiste en tres etapas de aplicación: la primera, de

37 [www.colciencias.gov.co](http://www.colciencias.gov.co)

consolidación, entre 2005 y 2006; la segunda, de desarrollo, entre 2007 y 2010; y la tercera, de consolidación, entre 2011 y 2014.

En el caso colombiano, el plan fue presentado a discusión a un número grande de actores del desarrollo, y uno de los resultados inmediatos fue la asignación presupuestaria mayor a la agencia nacional de CTI, que pasó de un millón a 2.6 millones de dólares. Al mismo tiempo, se contrató un nuevo crédito del BID de 22 millones de dólares para inversiones en pequeñas y medianas empresas y para la investigación en seguridad alimentaria. Para la promoción y divulgación, se estableció la semana de la CT.

En 2004, COLCIENCIAS seleccionó 8 áreas estratégicas para el desarrollo de la productividad y competitividad de la economía colombiana. Una de éstas fue la de "Materiales avanzados y nanotecnología". En 2005 se estableció el Consejo Nacional de Nanociencia y Nanotecnología, como una agrupación sin ánimo de lucro adscrita a la IEEE de Colombia y al IEEE *Nanotechnology Council*, orientado a participar conjuntamente con universidades, centros de investigación y desarrollo, la industria y el gobierno en todas aquellas actividades comprometidas con la nanociencia y nanotecnología en el país. Su misión es la de "Promover y generar tareas de formación, divulgación, investigación y desarrollo tecnológico en el área de la nanociencia y nanotecnología, así como abrir espacios de participación mancomunada entre la academia, la industria y el Estado en el ámbito local y regional para hacer viable una apropiación, generación y aplicación del conocimiento en esta línea estratégica para el siglo XXI". El Consejo se encuentra actualmente comprometido en las siguientes áreas de interés:

- Autoensamblado, replicación y control nanoescalar
- Cáncer y nanotecnología
- Nanoelectrónica y electrónica molecular
- Nanofotónica y espintrónica
- Nanomateriales
- Nanotecnociencia computacional
- Computación cuántica y molecular
- Nanorobótica
- Bionanotecnociencia
- Implicaciones éticas y sociales de la nanotecnociencia

Más recientemente se creó Nanocolombia<sup>38</sup>, como una institución privada cuya misión es promover la inversión en empresas o *joint ventures* de nanotecnología.

En febrero de 2007, el Departamento Nacional de Planeación lanzó una nueva propuesta para discusión<sup>39</sup>, denominada “Visión del segundo centenario” y destinada a sentar las bases de política para fundamentar el crecimiento económico y el desarrollo social en la ciencia, la tecnología y la innovación. La propuesta se sustenta en dos principios que deben orientar el ejercicio hacia el tipo de sociedad que se plantea para el 2019:

- Consolidar un modelo político profundamente democrático, sustentado en los principios de libertad, tolerancia y fraternidad
- Afianzar un modelo socioeconómico sin exclusiones, basado en la igualdad de oportunidades y con un Estado garante de la equidad social

Estos dos principios, a su vez, se desarrollan en cuatro grandes objetivos:

- Una economía que garantice mayor nivel de bienestar
- Una sociedad más igualitaria y solidaria
- Una sociedad de ciudadanos libres y responsables
- Un Estado eficiente al servicio de los ciudadanos

Para el cumplimiento de estos objetivos se han propuesto estrategias que incluyen diagnósticos y plantean tanto metas específicas como acciones para lograrlas. Para cada meta se identificaron líneas de base –la situación actual– de cada variable. Además, se tomaron en cuenta las condiciones sectoriales, las proyecciones de crecimiento de la población y los cambios esperados en su estructura, las proyecciones de necesidades futuras de recursos para cada estrategia y las restricciones generales fiscales, de balanza de pagos y financieras. Se considera que, si bien la propuesta resultante es ambiciosa, es realizable bajo un escenario de crecimiento al alcance del país.

Dentro de la Meta 1, “Incrementar la generación de conocimiento”, se establecen diferentes líneas de acción, entre las cuales están:

38 [www.nanocolombia.com](http://www.nanocolombia.com)

39 DNP (2007)

- Apoyo a las investigaciones científicas, tecnológicas e innovadoras en el área de la energía y materia, en procesos biológicos, agroalimentarios y biodiversidad
- Apoyo a las investigaciones científicas, tecnológicas e innovadoras en el área del ser humano y su entorno
- Apoyo a las investigaciones científicas, tecnológicas e innovadoras en la gestión del conocimiento, las aplicaciones sociales y la convergencia tecnológica

Las otras metas son: innovación para la competitividad, fomento para la apropiación de la CTI en la sociedad colombiana, incremento y fortalecimiento de capacidades humanas, consolidación de la institucionalidad del Sistema Nacional de CTI, consolidación de la infraestructura y los sistemas de información, promoción de la integración regional y consolidación de la proyección internacional de la CTI.

Dentro de estas metas existen varias líneas de acción relevantes al desarrollo de las tecnologías trasformativas y convergentes y su divulgación, entre ellas, la creación de capitales de riesgo para empresas de base tecnológica; el fomento a la difusión masiva de la CTI; la formación de alto nivel; mejoras en el sistema de protección de los derechos de propiedad intelectual; y la aplicación masiva de las TIC's. La inversión esperada hasta el año 2019 es del orden de los 42 mil millones de pesos colombianos<sup>40</sup>, de los cuales el 37 por ciento proviene del sector público y 63 por ciento del privado.

En Ecuador, en el mes de noviembre del 2005, la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), a través de la Vicepresidencia de la República, publicó el documento que contiene la Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2005-2010<sup>41</sup>. En ella se plantea como objetivo principal "Fortalecer la capacidad científica y tecnológica del país, mediante el impulso a la investigación básica y aplicada, que corresponda a las necesidades prioritarias de la población para mejorar su calidad de vida, y propiciar la innovación y transferencia tecnológica que eleve la productividad y competitividad de la nación ecuatoriana".

Dentro de una serie de objetivos específicos, se menciona la necesidad de contribuir, a través de la investigación científica y tecnológica, a la solución de los problemas sociales más apremiantes para la sociedad ecuatoriana, con el objeto de mejorar la cali-

40 Aproximadamente 21 millones de dólares.

41 [www.fundacyt.org.ec](http://www.fundacyt.org.ec), [www.senacyt.gov.ec](http://www.senacyt.gov.ec)

dad de vida de la población y, dentro la perspectiva económica, mejorar la competitividad nacional e internacional de los principales sectores productivos. La política señala también como objetivo el fortalecimiento de la capacidad del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI). El plan identifica un conjunto de estrategias para alcanzar los objetivos:

- Fortalecimiento de la investigación científica y tecnológica dirigida a solucionar los principales problemas socioeconómicos de la población. Dentro de esta estrategia, se señala que el financiamiento irá a proyectos de investigación en diferentes áreas, entre ellas las ciencias básicas y las ciencias de materiales, que incluye a la nanotecnología. Esta estrategia también se refiere al desarrollo de la biotecnología y la difusión masiva de las TIC's, así como a la divulgación de la ciencia. No se menciona explícitamente la investigación en materia de ciencias cognitivas
- Apoyo a la innovación, adaptación y transferencia de tecnología
- Articulación entre los sectores académico, gubernamental y productivo, mediante alianzas estratégicas con gobiernos locales
- Consolidación y fortalecimiento del Sistema Nacional de CTI, dentro del cual se prevé una aplicación masiva de las TIC's y la divulgación y popularización de la CTI, así como la formación de recursos humanos de alto nivel

Los fondos para la ejecución de los programas de investigación, desarrollo e innovación provienen de una Ley que destina el 5 por ciento de los excedentes del precio referencial de petróleo que se exporta; éste representó 8 millones de dólares en el año 2005 y 34 en el 2006.

En Perú<sup>42</sup>, el 28 de julio de 2001, el Presidente de la República convocó a un "Acuerdo Nacional" y se estableció un Foro como la instancia de promoción del cumplimiento y del seguimiento del Acuerdo Nacional, órgano adscrito a la Presidencia del Consejo de Ministros.

El Acuerdo Nacional es un conjunto de políticas de Estado acordadas por representantes del gobierno, la sociedad civil y las organizaciones políticas y religiosas, orientadas al logro de cuatro objetivos: democracia y Estado de derecho; equidad y justicia

42 [www.concytec.gob.pe](http://www.concytec.gob.pe), [www.concytec.gob.pe/planctei/](http://www.concytec.gob.pe/planctei/)



social; competitividad; y Estado eficiente, transparente y descentralizado. Dentro del objetivo que se refiere a la competitividad del país se menciona el compromiso de “fortalecer la capacidad de gestión y competencia del Estado y del sector privado, mediante el fomento a la innovación, la investigación, la creación, la adaptación y la transferencia tecnológica y científica”.

El año 2002 se adoptó el “Plan Nacional de Emergencia en Apoyo de la Ciencia, Tecnología e Innovación”, que aborda la emergencia entendida como la identificación y atención prioritaria e inmediata de los aspectos que impiden el desenvolvimiento ordenado y convergente de las actividades científicas, tecnológicas y de innovación en el país. Se plantea que la ciencia, tecnología e innovación se encuentran en una situación crítica, caracterizada por el deterioro de la capacidad de generación, adaptación y transferencia del conocimiento para la aplicación social. El objetivo general 2002-2003 del plan de emergencia es sentar las bases para el ordenamiento institucional y la coordinación y complementación de esfuerzos y recursos para el desarrollo sistemático de actividades de CTI en función del desarrollo del país.

En aplicación de este objetivo, se adoptó en noviembre de 2005 el “Plan nacional estratégico de ciencia, tecnología e innovación para la competitividad y el desarrollo humano (PNCTI) 2006-2021”. El plan afirma que “el problema central de la ciencia y la tecnología en el Perú consiste en que sus actividades no han logrado aún articularse como un sistema de apoyo al desarrollo y a la competitividad de las empresas”.

La visión inscrita en el plan señala que el Perú debe lograr al 2021 “desarrollar un sistema de ciencia, tecnología e innovación fuerte y consolidado, con una suficiente articulación de las actividades en CTI, con sólidos vínculos entre la empresa, la academia, el Estado y la sociedad civil...” El plan define un conjunto de 8 metas de largo plazo (año 2021):

- Situar al Perú en el tercio superior del ranking mundial del Índice Tecnológico
- Incrementar el número de empresas innovadoras a una tasa promedio no menor a 10 por ciento anual
- Aumentar la participación de las exportaciones de bienes y servicios de alta y mediana tecnología en las exportaciones totales a 15 por ciento
- Incrementar la inversión nacional de I + D a por lo menos el 0.7 por ciento del PIB

- Aumentar sustantivamente el número de alianzas estratégicas entre centros de investigación y empresas
- Aumentar sustantivamente el número de profesionales con postgrado que se desempeñan en el país en las áreas prioritarias de CTI
- Incrementar el número de artículos científicos anuales en revistas indexadas hasta 5.2 por cada 100,000 habitantes
- Incrementar el número de patentes solicitadas a 1.5 por cada 100,000 habitantes

En este marco, y para alcanzar sus objetivos y metas de largo plazo, el plan identifica áreas de conocimiento para atender las demandas de los sectores prioritarios, entre ellas las tecnologías transformativas, excepto las ciencias cognitivas, y define un conjunto de programas de carácter nacional, regional y especiales. Los programas dirigidos a las tecnologías transformativas se inscriben como "Programas Nacionales Transversales". Como parte de este plan, la manipulación y diseño de nanomateriales se ubica como eje temático dentro del Programa de Materiales (PROMAT)<sup>43</sup>.

Los objetivos de este eje son los de controlar, manipular y diseñar materiales de escala nano con potencial uso en control ambiental, agricultura, medicina, energía, construcción, espintrónica y otras áreas prioritarias para el país. El impacto esperado en la ejecución de esta componente del plan es el incremento de la inversión pública y privada en nanomateriales. Las líneas de acción comprenden:

- Desarrollo de nanomateriales metálicos, cerámicos, magnéticos, semiconductores o superconductores
- Crecimiento de monocapas moleculares
- Desarrollo de nanocápsulas y nanoportadores
- Diseño y construcción de transductores de baja dimensión
- Métodos computacionales para el diseño de nanoestructuras

Venezuela guarda una vieja tradición en la formulación de políticas y planes de CTI, que siguieron de alguna manera los cambios de visión del modelo de desarrollo en curso a lo largo de las últimas décadas (sustitución de importaciones, modelo neoliberal y actual modelo de desarrollo endógeno). Entre las políticas de CTI en Venezuela destaca el poco interés con que el país ha ejecutado el monitoreo de NBIC, prestando

43 Gutarra (2007a)

más atención a necesidades sociales y económicas apremiantes de corto plazo y a políticas dirigidas a la popularización de la actividad científica y tecnológica, incluyendo consideraciones de “tecnologías tradicionales”.

Desde finales de la década de 1960 se consideró como relevante la formulación de la política y planificación de la ciencia, y se dio inicio a un largo proceso que desembocaría en la adopción del “Primer Plan de Ciencia y Tecnología (1976–1980)”. Este plan, elaborado por el CONICIT por encargo del Presidente de la República, jugó un papel eminentemente ideológico y señaló al país cuán importante era el desarrollo tecnológico en términos de su desarrollo independiente.

El plan reflejó el carácter eminentemente científico de quienes lo elaboraron, la información acerca de la capacidad tecnológica nacional fue insuficiente para los momentos en que se inició el proceso de planificación y siguió siendo insuficiente hasta la actualidad. Más aún, el primer plan fue concebido como si el desarrollo tecnológico (y, por supuesto, el científico) se decidieran exclusivamente fronteras adentro, al margen de lo que se proyectaba hacia el exterior.

Como en el primer plan, el “II Plan Nacional de Ciencia y Tecnología (1986-1988)” también defendió solamente a nivel del discurso la necesidad de articulación entre los resultados de las investigaciones realizadas y el aparato productivo nacional. Es en este período que se produce una prolongada reducción de la inversión en CT, lo que condujo a una disminución importante de los recursos económicos que las organizaciones científicas recibieron durante la mayor parte de la década; no hubo estímulo especial al desarrollo de disciplinas científicas relacionadas con las que han derivado en las nuevas tecnologías contemporáneas. Destaca, sin embargo, que en este período el país comienza a tomar en cuenta la necesidad de desarrollar capacidades en las áreas de genética, biotecnología e informática.

El tercer plan, publicado en 1991, reitera algunas preocupaciones ya expresadas en los dos planes previos y plantea la necesidad de una política de desarrollo de la ciencia y la tecnología de largo plazo, vinculada a la innovación y al aparato productivo, para reducir la brecha científica y tecnológica, que había aumentado en la década de los ochenta, como consecuencia de la falta de respuesta local frente a las políticas y acciones de los países desarrollados en materia de innovación tecnológica.

En el periodo 1988-1993 se negoció el primer “Programa de crédito BID-CONICIT de nuevas tecnologías”, orientado, entre otros objetivos, a financiar la investigación en cinco áreas con potencial para su transferencia tecnológica al sector productivo: biotecnología, química fina, informática, electrónica y telecomunicaciones y nuevos materiales.

Entre 1993 y 1998 se creó el “Programa de Agendas”, con el propósito de generar respuestas a demandas específicas de la sociedad, y más adelante, entre 1998 y 2004, las “Redes de Innovación Productiva”, como espacios para la integración de actores destinados a producir un mayor impacto social y económico. Se creó el “Programa de Apoyo a Grupos de Investigación”, para solucionar problemas complejos de interés nacional, así como el “Programa de Apoyo a Laboratorios Nacionales”, para hacer más eficiente el uso de los equipos e infraestructura de investigación. Se fortaleció el “Programa de Postgrados Integrados”, para aprovechar las capacidades de diferentes universidades en el desarrollo de postgrados de particular importancia para la especialización científica, y se instrumentó la segunda negociación para el “Programa de Crédito en Ciencia y Tecnología”, financiado por el BID.

En el año 1998 se introdujo a nivel constitucional el artículo 110, en el cual el Estado venezolano reconoce el interés público en la ciencia y la tecnología. Posteriormente, en el año 2000, por la Ley Habilitante se elaboró la Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (2001), dándole piso jurídico a una nueva institución, el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCT) y transformando el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT) en el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT).

En el año 2005 se introdujeron reformas a la Ley Orgánica de CTI, con el fin de “elevar” la calidad de la ciencia en Venezuela, incentivando la participación de la ciudadanía en general en las actividades pertinentes a CTI. El enfoque adoptado, conocido como “desarrollo endógeno”, busca dar cuenta de “las particularidades regionales y nacionales potenciando sus fuerzas propias; un desarrollo que se organiza y se despliega desde la base territorial e impulsa la transformación de los recursos naturales construyendo cadenas productivas, eslabonando la producción-distribución y consumo, aprovechando eficientemente la infraestructura y capacidad instalada, incorporación de la población excluida, adopción de un nuevo estilo de vida y de consumo, desarrollo de

nuevas formas de organización, tanto productivas como sociales, construcción de redes productivas de diversos tamaños y estructuras tecnológicas”.

Desde la creación del MCT se han elaborado dos planes nacionales de ciencia, tecnología e innovación, el primero en el año 2001 y el segundo en el 2005<sup>44</sup>. El plan del 2001 planteó las directrices del “joven” ministerio. Si bien no se expresa de manera explícita una continuidad con el programa de nuevas tecnologías desarrollado con anterioridad por el CONICIT, se sigue identificando a la biotecnología y a las tecnologías de información y comunicación como áreas de interés prioritario.

A partir del año 2003 se comienza a elaborar el “Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2005-2030 (PNCTI)”, primer plan a 25 años, el cual fue presentado a finales del año 2005. El mismo señala directrices a seguir en busca de un sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación menos fragmentado, más participativo e integral y más articulado con las necesidades del país, que promueva el desarrollo endógeno mediante el aprovechamiento de las capacidades y recursos locales y que incluya el diálogo de conocimientos.

## **6. Breve estado de situación de las tecnologías transformativas, excepto la nanotecnología**

Tal como se señaló anteriormente, no fue propósito del Proyecto examinar en detalle la situación de las tecnologías transformativas de manera individual, sin embargo, por su relevancia hacia los objetivos perseguidos, se examinaron algunas cuestiones inherentes a las tecnologías de la información y comunicación y biotecnología, mientras que no se indagaron en profundidad los avances logrados en ciencias cognitivas, excepto por algunas menciones formuladas durante la ejecución de los estudios nacionales. Con estas limitaciones, este capítulo resume el estado de situación de estas tecnologías transformativas en los países andinos.

### **6.1 Tecnologías de la información y comunicación (TIC's)**

La incorporación de los países andinos a las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC's) fue tardía, cuando se la compara con otros países de igual grado

44 [www.mct.gob.ve/uploads/biblio/plan Nacional de CTI.pdf](http://www.mct.gob.ve/uploads/biblio/plan%20Nacional%20de%20CTI.pdf), [www.mision.ciencia.gov.ve](http://www.mision.ciencia.gov.ve)

de desarrollo. El impulso estuvo dado, en algunos países como Bolivia, por las reformas económicas de la década de los años 90, que transfirieron competencias estatales al sector privado, y en otros por un proceso de modernización profundo en las empresas estatales mismas. Entre 1991 y 1994, el "Proyecto de Monitoreo de Nuevas Tecnologías de la Universidad Andina "Simón Bolívar" y de la Comisión de las Comunidades Europeas" abrió los canales institucionales y operativos adecuados en los países andinos para facilitar el acceso a Internet a los conocimientos científicos y tecnológicos más adelantados hasta ese momento.

Durante los años pasados, los cinco países han avanzado en la definición o redefinición de los marcos legales e institucionales para la "creación" de la sociedad de la información, incorporando como política de Estado y prioridad e interés nacional el uso y aprovechamiento de estas tecnologías como medios necesarios para el desarrollo económico y social. Posteriormente, en preparación y como resultado de los dos foros mundiales sobre TIC's (Ginebra y Túnez), los países han avanzado en planes nacionales de incausión digital. En el caso de Bolivia, similar al de los otros países andinos, el Plan expresa su visión como:

"Sociedad basada en la inclusión, consistente en la universalización del uso y aplicación de las TIC's para disminuir la marginación, exclusión social y anonimato de los ciudadanos bolivianos, de manera tal de utilizar efectiva y eficientemente la información en sus procesos de desarrollo".

Los planes existentes incluyen el desarrollo de varios componentes: telecentros comunitarios multipropósito, gobierno electrónico, red académica, radio TV Congreso, incubadoras de empresas de base tecnológica (*software*), desarrollo productivo e innovación tecnológica, comercio electrónico, proyectos y programas especiales. El Cuadro 12 muestra el índice de "Preparación para la Red", el cual constituye una medida de la habilidad del país para acceder y utilizar las TIC's como instrumento fundamental de la productividad, establecido a partir de:

- El ambiente para el desarrollo de las TIC's, conformado por el régimen regulatorio, marco legal, infraestructura disponible u otros factores que contienen elementos para el mercado del desarrollo tecnológico.

- Niveles actuales de preparación de los principales actores de la economía, individuos, negocios y gobiernos.
- Uso actual de las TIC's por individuos, negocios y gobierno.

Es de notar que los cinco países andinos están muy rezagados respecto a su preparación para la Red cuando se compara su posición con aquella de otros países de la región y otros de similar estado de desarrollo en el mundo.

**Cuadro 12**  
**Índice de preparación para la Red (2006-2007)<sup>1</sup>**

País	Rango	Nota	País	Rango	Nota	País	Rango	Nota
Dinamarca	1	5.71	Barbados	40	4.18	Trinidad y Tobago	68	3.55
Suecia	2	5.66	India	44	4.06	Rusia	70	3.54
Singapur	3	5.6	Jamaica	45	4.05	Perú	78	3.43
Finlandia	4	5.59	Sur África	47	4	Guatemala	79	3.41
Suiza	5	5.58	México	49	3.91	Venezuela	83	3.32
Holanda	6	5.54	Turquía	52	3.86	Namibia	85	3.28
Estados Unidos	7	5.54	Brasil	53	3.84	Honduras	94	3.09
Suecia	9	1.49	Kuwait	54	3.8	Ecuador	97	3.05
Australia	15	5.24	Costa Rica	56	3.77	Guyana	98	3.01
Alemania	16	5.22	China	59	3.68	Nicaragua	103	2.95
Francia	23	4.99	Uruguay	60	3.67	Bolivia	104	2.93
Emiratos Árabes	29	4.42	El Salvador	61	3.66	Camboya	106	2.88
Eslovenia	30	4.41	Argentina	63	3.59	Surinam	110	2.82
Chile	31	4.36	Colombia	64	3.59	Paraguay	114	2.69
España	32	4.35	Panamá	65	3.58	Bangladesh	118	2.55
Hungría	33	4.33	Rep. Dominicana	66	3.56	Burundi	121	2.4
Italia	38	4.19	Botswana	67	3.56	Chad	122	2.16

1. Entre 122 países.

Fuente: World Economic Forum (2007)

Por su relevancia a los objetivos de la investigación emprendida en el Proyecto, es interesante examinar dos ejemplos de diálogos sostenidos en torno a las TICs, en Bolivia.

Considerando su papel clave, en el año 2004, el Gobierno de Bolivia comenzó un proceso de consulta entre todos los sectores de la sociedad, con el fin de contar con una

directriz que permita la inserción del país a la "economía del conocimiento". Este proceso tuvo como líder a la Agencia para el Desarrollo de la Sociedad de Información en Bolivia (ADSIB), creada en 2002, y contó con el apoyo de la Superintendencia de Telecomunicaciones y del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. El propósito del proceso fue elaborar la denominada Estrategia Nacional de Tecnologías de la Información y Comunicación (ETIC). La ETIC, lanzada en 2006<sup>45</sup>, está concebida para apoyar a los diferentes sectores de la sociedad, gobierno, empresas privadas, sociedad civil y cooperación internacional, a apropiarse de las oportunidades que las TIC's pueden brindar como instrumentos que facilitan el desarrollo social y económico sostenible, facilitando el acceso a los beneficios de la economía interconectada y de la sociedad de la información.

La ETIC se planteó como un instrumento capaz de generar soluciones realistas, flexibles y adecuadas a las condiciones locales, con tecnologías tradicionales o nuevas, involucrando la participación de los diferentes actores sociales y redefiniendo el rol específico de cada uno, sus responsabilidades y su área de competencia. Para su preparación se realizaron amplias consultas participativas "de abajo hacia arriba" en las ciudades capitales de departamento de todo el país. La consulta movilizó a más de 2.300 personas, que acudieron a los seminarios como participantes, expositores, conferencistas, moderadores, facilitadores y personal de apoyo. El proceso incluyó el valioso aporte de diferentes organizaciones y empresas, instituciones interesadas de la sociedad civil: CRIS-Bolivia, TICBolivia, FAUTAPO, KidLinks, Cemse, OPS/OMS, FundeTIC, CIPCA, Fondo Indígena, INFOCAL, Prefectura del Departamento de Santa Cruz, UPSA, Universidad Católica Boliviana, Universidad Real y muchas otras.

Por otro lado, en noviembre de 2001 se estableció la Plataforma CRIS a nivel internacional como un intento de la sociedad civil de "ayudar a construir una sociedad de la información basada en principios de transparencia, diversidad, participación y justicia social y económica, e inspirada por la equidad entre los géneros y entre las diversas perspectivas culturales y regionales". En octubre de 2002 se fundó la Plataforma CRIS Bolivia, con el objeto de crear una tribuna nacional compuesta por organizaciones de la sociedad civil, cuya misión fue establecida como: "aportar a construir espacios democráticos y permanentes para una sociedad de la información y comunicación basada en

45 Vicepresidencia (2005)



principios de transparencia, convergencia y diversidad comunicacional y mediática, generadoras de participación comunitaria y respeto por los derechos humanos, e inspirada por la equidad entre los géneros, las generaciones y las diversas perspectivas culturales y regionales del país, para que dentro de una visión sostenible se contribuya a la transformación social”.

La Plataforma CRIS Bolivia fue promovida por un grupo de nueve organizaciones que trabajan en el campo de la comunicación y democracia: ERBOL, CEBEM y TIC Bolivia, Universidad Andina Simón Bolívar, Universidad Católica Boliviana-SECRAD, Defensor del Pueblo, Foro Coca y Desarrollo, AMARC-Bolivia y Red Ada. Desde sus inicios, la Plataforma CRIS Bolivia se ha constituido en un espacio de participación abierto desde la sociedad civil, logrando desde la misma aunar criterios y concertar posiciones, primero desde las instituciones y actores sociales en el I Encuentro Nacional (5 de diciembre de 2002) y posteriormente en el II Encuentro Nacional (22 de enero de 2003), organizado por CRIS y el Gobierno Nacional, con el apoyo de la empresa privada, donde tres sectores que son parte vital de la sociedad boliviana encontraron un espacio de interacción que muy pocas veces tienen para compartir sus experiencias, intereses y expectativas.

En el transcurso de los meses siguientes a su creación, se organizaron un total de 14 reuniones, en las cuales se manifestó un número en permanente crecimiento de organizaciones e individuos; actualmente son 41 instituciones asociadas a CRIS Bolivia en cada una de las regionales de las ciudades de La Paz, Cochabamba, Santa Cruz, Sucre y Siglo XX. Se observa la voluntad de muchas organizaciones asociadas de dar un carácter más permanente a la Plataforma CRIS, en el sentido de que su existencia como espacio de encuentro y acción en el campo de la comunicación y democracia tenga un nivel básico de institucionalidad.

## **6.2 Biotecnología**

La investigación en biotecnología y la aplicación de sus resultados en la producción han tenido en los países andinos un desarrollo lento pero sostenible. A pesar de las relativamente escasas inversiones en investigación e innovación, existen varios ejemplos de resultados exitosos ejecutados por diferentes instituciones públicas y privadas. En general se han desarrollado investigaciones en materia de biotecnología dirigidas prin-

principalmente a la agricultura y en menor medida a la salud y la minería. Muchas de las actividades ejecutadas en la biotecnología y la ingeniería genética han sido realizadas en colaboración con centros regionales o internacionales.

Es importante notar que en materia de acceso a los recursos genéticos, bioprospección y bioseguridad, existe en el plano regional andino una legislación común, en particular:

- La Decisión 345 (21/10/1993) "Régimen común de protección a los derechos de los obtentores de variedades vegetales", con el propósito de reconocer y garantizar la protección de los derechos del obtentor de nuevas variedades vegetales mediante el otorgamiento de un Certificado de Obtentor, fomentar las actividades de investigación en el área andina y fomentar las actividades de transferencia de tecnología al interior de la subregión y fuera de ella.
- La Decisión 391 (02/07/1996) "Acceso a los recursos genéticos", con el propósito, entre otros, de precautelar los derechos de las comunidades campesinas y originarias a los recursos naturales nativos de sus regiones.

Como ejemplos relevantes a la investigación conducida por el Proyecto, existen dos casos de diálogos sobre cuestiones relacionadas con la biotecnología en Bolivia, que conviene resaltar:

Bolivia suscribió el Convenio sobre Diversidad Biológica en Río de Janeiro en 1992, el mismo que fue ratificado mediante Ley de la República 1580 de 25 de julio de 1994. Al mismo tiempo, se adoptaron dos normas comunitarias andinas relacionadas al Convenio y que tienen fuerza de ley en estos países (Paredes, 2006).

Las actividades para la elaboración, presentación y respectiva aprobación de la Decisión 391 fueron desarrolladas desde 1993 hasta 1996 y el proceso de preparación de la norma reglamentaria duró nueve meses (septiembre de 1996 a mayo de 1997). El análisis de la documentación, la definición de una posición nacional en la discusión de la norma y las decisiones últimas sobre el texto final y su adopción tuvieron en el entonces Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente su principal líder, con el apoyo del Ministerio de Relaciones Exteriores y de los entonces Ministerio de Agricultura y Asuntos Campesinos y Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

Si bien fueron invitadas a esta iniciativa organizaciones sociales, de la comunidad científica y científicos individuales, su participación en el análisis y diálogo nacional sobre la problemática fue limitada y en muchos casos circunstancial en la primera etapa. La participación de estas organizaciones fue más activa posteriormente, durante la discusión del reglamento, tal como se explica más adelante. Los casos circunstanciales se derivan del hecho que los ministerios señalados tuvieron siempre la política de consultar eventualmente el criterio y opinión de la comunidad científica, representada principalmente por los institutos y centros de investigación del Sistema Universitario Nacional y organizaciones privadas. Más aún, fue también política del Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente invitar a un miembro de la comunidad científica a ocupar cargos directivos en el mismo, como por ejemplo la Dirección General de Biodiversidad.

En el proceso de aprobación del reglamento se invitó y se contó con la participación de organizaciones sociales y del sistema universitario. Las representaciones sociales que participaron de la iniciativa fueron: la Confederación Sindical Única de Trabajadores Campesinos de Bolivia (CSUTCB), el Consejo de Ayllus y Marcas del Qullasuyo (CONAMAQ) y la Confederación Indígena del Oriente Boliviano (CIDOB). En representación del Sistema Universitario Boliviano participó el Comité Ejecutivo de la Universidad Boliviana (CEUB) y centros universitarios como el Instituto de Ecología de la Universidad Mayor San Andrés (UMSA), el Centro de Biodiversidad y Genética de la Universidad Mayor San Simón (UMSS), el Centro de Biotecnología (UMSS), el Centro de Investigación Agrícola Tropical (CIAT-Santa Cruz), el Centro de Semillas Forestales (UMSS) y el Programa de Investigación de la Papa (PROINPA), de Cochabamba.

Si bien se evidencia la participación de la comunidad científica en la discusión del reglamento, no se conocen documentos preparados por ella sobre la temática en general o específica, que hubieran servido para ilustrar a otros participantes no especializados de las consultas.

La Decisión 391 creó la figura de una Autoridad Nacional Competente (ANC) como la responsable de otorgar las respectivas licencias de investigación y acceso, luego de un trámite. Esta designación recayó sobre el Ministerio de Desarrollo Sostenible. A su vez, el reglamento creó el Cuerpo de Asesoramiento Técnico (CAT) para el acceso a los recursos genéticos, como organismo encargado de brindar asesoramiento y apoyo técnico a la autoridad. Es interesante observar que el CAT estuvo constituido inicialmente

por 5 representantes del Gobierno, uno por cada ministerio relacionado con la temática del acceso, y un representante del sistema universitario.

Posteriormente, gracias a la solicitud y presión de las comunidades de campesinos y pueblos originarios, se acordó revisar el reglamento para incluirlos como miembros plenos del CAT. Aunque la comisión designada al efecto de modificar el reglamento nunca concluyó su trabajo, el Ministerio de Desarrollo Sostenible decidió que fueran miembros permanentes de la misma e invitó a este efecto, en mayo de 2003, a la CIDOB y a la CSUTCB.

Considerando el tiempo y el tipo de recurso genético al que se desee acceder, el CAT invitó a participar en las evaluaciones de solicitudes a especialistas de reconocida trayectoria científica y técnica, así como a representantes de instituciones técnicas, organizaciones científicas legalmente constituidas, pueblos indígenas y comunidades campesinas que estuviesen directamente involucradas como proveedores de los recursos genéticos. Entre los años 1996 y 2003, la ANC recibió nueve solicitudes de acceso a recursos genéticos, de las cuales solamente dos culminaron con la suscripción de contratos. Algunas de ellas fueron devueltas para su complementación y no se presentaron nuevamente. Otras fueron evaluadas y declaradas como improcedentes.

Dentro de los procesos de consulta tienen especial relevancia aquéllos destinados a la discusión sobre la importación de transgénicos (Organismos Genéticamente Mejorados, OGM). El 8 de enero de 2001, mediante Resolución Ministerial 001, se prohibió por un año la importación de productos, subproductos y alimentos de origen agrícola, elaborados a partir de cultivos genéticamente mejorados. Esta resolución fue revocada en octubre del mismo año sin aviso al público ni anuncio oficial. La presión para esta decisión provino, según la organización Amigos de la Tierra Internacional, de documentación del Ministerio de Relaciones Exteriores de Bolivia que identifica presiones ejercidas por el sector de la soya de Argentina y en general de los Estados Unidos y Argentina en la OMC.

En fechas 14 de marzo y 5 de abril de 2005, mediante las resoluciones administrativas, el Gobierno de Bolivia aprobó la introducción de OGMs (VRNMA N° 016/05 del 14 de marzo de 2005 y la Resolución Administrativa SENASAG 44/2005 del 5 de abril de 2005). Frente a esta decisión, varias instituciones solicitaron sean informadas sobre la misma y otras normas vinculadas a ella, y en particular sobre cuestiones de biotecnología y bioseguridad.

En éste propósito, en fecha 6 de junio de 2005 se llevó a cabo en Cochabamba la mesa redonda "Biotecnología y Bioseguridad en Bolivia", organizada por el Ministerio de Desarrollo Sostenible y la FAO a través de la Oficina Regional de Semillas (ORS-Cochabamba). A la mesa redonda fueron invitadas alrededor de 30 instituciones, habiendo participado representantes de municipios rurales, Programa de Desarrollo Alternativo, Asociación Nacional de Productores de Oleaginosas y Trigo (ANAPO), Oficina Distrital de SENASAG, Universidad Mayor de San Simón, Cámara de Comercio y Cámara Agropecuaria de Cochabamba. Organizaciones de base (excepto las asociaciones de productores que solicitaron información) y representantes de consumidores no fueron invitados a este evento.

La mesa redonda recibió información detallada sobre el caso de la aprobación de OGM de tres especialistas, un consultor (FAO), un funcionario de gobierno y un investigador (de un centro privado). Al igual que el caso anterior, no se conoce de ningún aporte escrito de la comunidad científica que hubiera servido a los debates. Luego del debate, la mesa redonda concluyó:

- La aprobación de la introducción de la soya transgénica en Bolivia fue el resultado de la presión ejercida por los empresarios de la soya para "regularizar" las parcelas ilegales de soya transgénica.
- La aprobación fue realizada de manera aislada, sin la consulta y menos consenso con productores, consumidores ni otras instancias oficiales relacionadas con la implementación de esta medida, resultando en un marco legal improvisado e incompleto, en el cual los mecanismos de implementación aún no están definidos.
- Instancias agropecuarias estatales como el SEDAG e incluso técnicos representantes de la Oficina Distrital del SENASAG admitieron no estar informados sobre las resoluciones administrativas que liberan los transgénicos en Bolivia ni sobre los mecanismos de control a aplicar. Por otro lado, aclararon que las instituciones agropecuarias públicas no poseen la capacidad técnica, logística ni presupuestaria para implementar dichas resoluciones.
- Los transgénicos no están diseñados para el pequeño productor y no resuelven los problemas locales de producción, debido a que son adecuados sólo para los grandes productores. Esto contradice uno de los argumentos más fuertemente defendidos por ANAPO en su "Solicitud de aprobación para el uso de soya genéticamente modificada (Evento 40-3-2 en Bolivia)", en la cual se menciona que la introducción

de soya transgénica “permitirá mejorar el nivel de ingresos para los agricultores, principalmente pequeños”.

- Se reconoció la inexistencia de un mecanismo legal que permita la identificación y etiquetado de OGM en Bolivia.
- En general se verifica que los consumidores y productores están desprotegidos frente a la aprobación de la soya transgénica y que no existen mecanismos de información para consumidores ni agricultores.
- Aunque no existieron argumentos científicos que la sustenten, se expresó también la opinión de que la importación de transgénicos hace que la soberanía alimentaria de la población local y la soberanía productiva de los agricultores esté más amenazada y vulnerable.

### **6.3 Ciencias cognitivas**

El presente Proyecto no indagó la situación actual del desarrollo de las ciencias cognitivas en los países andinos. Sin embargo, por la limitada información consultada se puede señalar que en el caso de Bolivia dicho desarrollo es todavía incipiente. El esfuerzo actual se concentra principalmente en la investigación de la psicología clínica, problemas de salud mental o de lenguaje en la educación en el caso de los países multilingües. En Colombia y Venezuela existen esfuerzos relativos a la neurociencia cognitiva, el desarrollo de la inteligencia artificial u otros temas relacionados a la ciencia cognitiva, como parte del conjunto NBIC. También en Perú y Ecuador se desarrollan esfuerzos de investigación en áreas que incluyen la inteligencia computacional, el procesamiento de lenguaje natural y las neurociencias.

### **6.4 Percepción y conocimiento de las tecnologías transformativas y convergentes por los actores del desarrollo**

En los países desarrollados se han ejecutado recientemente diferentes estudios procurando determinar el grado de percepción y conocimiento de las tecnologías transformativas y su convergencia por la sociedad en general. La mayoría de estos estudios se han concentrado sobre todo en la nanotecnología<sup>46</sup>. En ellos se verifica que entre el 80 y el 85 por ciento del público en los Estados Unidos ha escuchado poco o nada sobre nanotecnología, lo que es consistente con encuestas ejecutadas en Europa y Canadá.

<sup>46</sup> Ver p.e., Cobb y Macoubrie (2004) y Macoubrie (2005)

**Cuadro 13**  
**Grado de conocimiento de las tecnologías**  
**transformativas y su convergencia en Bolivia, Ecuador y Perú**  
**(en porcentajes)**

País	Bolivia				Ecuador				Perú			
	Nada	Poco	Buena	Muy buena	Nada	Poco	Buena	Muy Buena	Nada	Poco	Buena	Muy buena
Nanociencia	27.00	27.00	4.00	4.00	37.00	27.00	27.00	5.00	58.00	16.00	16.00	11.00
Nanotecnología	34.00	32.00	29.00	4.00	24.00	37.00	33.00	5.00	63.00	11.00	16.00	11.00
Biotecnología	23.00	25.00	39.00	13.00	33.00	24.00	19.00	24.00	26.00	11.00	32.00	32.00
Biomedicina <sup>1</sup>	38.00	27.00	27.00	8.00	47.00	28.00	5.00	19.00	63.00	11.00	5.00	21.00
TICs	13.00	16.00	35.00	35.00	14.00	19.00	19.00	47.00	79.00	11.00	5.00	5.00
Informática <sup>2</sup>	15.00	20.00	42.00	23.00	19.00	14.00	33.00	33.00	79.00	11.00	5.00	5.00
Cognitivas <sup>3</sup>	40.00	30.00	25.00	5.00	37.00	19.00	33.00	9.00	79.00	11.00	11.00	-

1. Incluyendo la ingeniería genética

2. Incluyendo la computación avanzada

3. Incluyendo las neurociencias cognitivas

Para conocer el nivel de comprensión e información existente sobre las tecnologías transformativas y su convergencia por parte de los actores del desarrollo, en los países andinos se ejecutó una encuesta común y se realizaron consultas y entrevistas en Bolivia, Ecuador y Perú, dirigida a investigadores, principalmente con títulos de maestría y doctorado, y directivos de institutos de investigación, así como empresarios. En el caso de Bolivia, el número de personas que respondieron a la encuesta fue de 154, en Ecuador se entrevistó a 25 personas y en Perú a 50. Los resultados están señalados en el Cuadro 13. La encuesta fue dirigida a medios académicos y a la alta dirección institucional, por lo que no es posible una comparación directa con las encuestas más globales hechas en los países desarrollados y citadas anteriormente.

Evidentemente, no se esperaba que los encuestados, a pesar de haber sido seleccionados de manera muy dirigida, tuvieran un amplio conocimiento de los temas sobre los cuales trata la presente investigación. Los resultados de la encuesta muestran una situación muy modesta considerando el nivel académico de los mismos.

**Cuadro 14**  
**Fuentes de información sobre tecnologías transformativas y convergentes**  
**(en porcentajes)**

Fuente	Bolivia	Ecuador
Internet	19.00	18.00
Publicaciones científicas producidas por científicos nacionales	7.00	7.00
Publicaciones científicas por científicos extranjeros	15.00	17.00
Artículos publicados en periódicos	9.00	7.00
Participación en seminarios u otros similares en la comunidad científica nacional	8.00	7.00
Participación en seminarios u otros similares en la comunidad científica internacional	8.00	11.00
Cursos de corta duración	9.00	11.00
Cursos de larga duración	6.00	6.00
Programas formales de educación superior (con acreditación académica)	12.00	8.00
Desde su membresía en asociaciones u organizaciones académicas	6.00	7.00
Otro	1.00	1.00
<b>Total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>



Si bien la falta de conocimiento y comprensión de las tecnologías convergentes, y en particular de la nanotecnología, es común en todos los países, se debe considerar que la consulta hecha en el Proyecto se dirigió a comunidades más relacionadas con la temática científica y tecnológica, y no al público en general. Pese al reducido conocimiento sobre las tecnologías convergentes, existen personas informadas que ven la necesidad de iniciar debates y diálogos sobre lo que se puede denominar el “desafío de la convergencia”.

Es interesante examinar también las fuentes de información sobre estas tecnologías. El Cuadro 14 señala las mismas para el caso de Bolivia y Ecuador. Sin lugar a dudas que el Internet es la fuente principal de información sobre los avances tecnológicos y la fuente de publicaciones locales es relativamente pequeña comparada con otras. Los encuestados también opinaron sobre el grado e intensidad de la cobertura existente en los diferentes medios de comunicación social de los temas de la ciencia y la tecnología. El Cuadro 15 señala el resultado de estas opiniones para el caso boliviano.

**Cuadro 15**  
**Opinión sobre el grado de cobertura de los medios de comunicación**  
**sobre información científica y tecnológica en Bolivia**  
**(en porcentajes)**

Grado	Internet	Periódicos	Radio	Televisión	Revistas	Otros
Suficiente	81.60	8.90	0.60	19.00	63.90	3.80
Insuficiente	9.50	72.10	70.90	61.40	22.20	3.20
NS/NR	8.90	19.00	28.50	19.60	13.90	93.00
<b>Totales</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

## 7. Nanotecnología en los países andinos

### 7.1. El marco latinoamericano

Entre 2005 y 2007, varios esfuerzos para desarrollar la nanotecnología en América Latina fueron consolidados y otros nuevos fueron emprendidos<sup>47</sup>. En muchos países de la región la nanotecnología ha sido reconocida como un campo de desarrollo estratégico.

47 Ver p.e., García (2005) y Foladori (2006a) y (2006b)

Argentina tiene centros de excelencia en diferentes áreas de la ciencia y la tecnología que se encuentran trabajando sobre nanotecnología. En 2005, mediante un decreto ejecutivo, se creó la Fundación Argentina de Nanotecnología<sup>48</sup>, como un organismo de derecho privado sin fines de lucro y con el objetivo de fomentar y promover el desarrollo de la infraestructura humana y técnica en los campos de la nanotecnología y microtecnología. Su responsabilidad principal es fomentar la generación de valor agregado de la producción nacional, para el consumo del mercado interno y para la inserción de la industria local en los mercados internacionales.

La Fundación tiene un Consejo de Administración presidido por el Ministro de Economía y Producción y compuesto por funcionarios gubernamentales de alto nivel; tiene también un Consejo Asesor, compuesto por directivos de importantes centros de investigación públicos y representantes de los sectores académicos y productivos privados. A finales de 2006, la Fundación convocó a un concurso de proyectos, habiéndose presentado 10 de empresas, 2 de personas físicas y 8 de los sectores de ciencia y tecnología y productivos, concentrándose en las áreas de salud humana, textiles, membranas filtrantes, biotecnología, pilas de combustibles, materiales magnéticos, microelectrónica y remediación ambiental.

Desde el punto de vista regulatorio, el Comité Nacional de Ética de Ciencia y Tecnología ha emitido un pronunciamiento sugiriendo la regulación de la investigación en nanotecnología y eventualmente limitando aquella financiada por fuerzas armadas del exterior.

A partir de 2001, Brasil definió una estrategia de corto y otra de largo plazo. Dentro de la primera se buscó la selección de prioridades basada en la competencia existente, la creación de redes y la definición de fondos sectoriales. En aplicación de estos lineamientos estratégicos, se inició la operación de cuatro redes: materiales nanoestructurados, nanobiotecnología, nanotecnologías moleculares e interfaces, y nanodispositivos semiconductores y materiales nanoestructurados. En 2004 se creó una nueva "Red sobre nanotecnología, sociedad y medio ambiente". De otro lado, en su plan plurianual 2004-2007, el gobierno federal contempló una inversión de 28 millones de dólares en el desarrollo de la nanociencia y nanotecnología (Programa DNN). Más adelante, en 2005, se incrementó este monto a 30 millones. El propósito del programa es "desarro-

48 [www.fan.org.ar](http://www.fan.org.ar)

llar nuevos productos y procesos en nanotecnología, con el propósito de aumentar la competitividad de la industria brasilera".

Dentro del Programa DNN se creó la Red BrasilNano para poder acelerar el desarrollo industrial y comercial de las nanotecnologías. En 2007, Brasil y la India incluyeron el tema en su agenda de cooperación dentro el grupo IBIS (India, Brasil, Sudáfrica); asimismo, durante 2007, la nanotecnología fue identificada como una importante área de cooperación en una declaración conjunta Brasil-China.

La estrategia de largo plazo tiene como propósitos el apoyo a iniciativas espontáneas, la formación de recursos humanos, la incorporación de la investigación en el sector productivo mediante un amplio programa de transferencia de conocimiento, el afianzamiento de los recursos financieros, la profundización de la cooperación internacional y el apoyo a la infraestructura regional y nacional.

Chile tiene también varios grupos involucrados en nanotecnología en diferentes universidades, que están siendo financiados con recursos propios y bajo convenios de colaboración con instituciones de países más desarrollados. Los grupos más importantes están en las universidades Federico Santa María, Pontificia Universidad Católica y de Chile. El Núcleo Científico Milenio<sup>49</sup>, que trabaja en física de la materia condensada, ha publicado varios resultados de investigaciones sobre nanotubos de carbón y nanotubos magnéticos. En 2006, dos importantes talleres sirvieron para divulgar la temática de la nanotecnología. El Programa Bicentenario de Ciencia y Tecnología y el Banco Mundial dieron un fuerte apoyo a la organización del segundo taller.

En Costa Rica se inauguró en 2006 el Laboratorio Nacional para Nanotecnología, Microsensores y Materiales Avanzados (LANOTEC). La creación de este laboratorio surgió de la necesidad de contar con un centro especializado que pueda convertirse en centro de excelencia y contribuir a integrar proyectos en la región. El laboratorio está iniciando sus actividades tendentes a establecer alianzas estratégicas con la industria de alta tecnología, tanto en el ámbito nacional como internacional. Estas colaboraciones se concentrarán en la investigación y el desarrollo de productos específicos y servicios. Hay dos proyectos al respecto: el diseño y construcción de microsensores y la investigación y construcción de nanotubos, en colaboración con el Centro Espacial

49 [www.nucleo-milenio.cl](http://www.nucleo-milenio.cl), visitado el 21/04/07

Goddard, de la NASA. El laboratorio está siendo equipado con el instrumental necesario para la investigación y producción de diferentes productos de la nanotecnología.

En México existen varias universidades y centros de investigación trabajando en el desarrollo de la nanotecnología. Un ejemplo es el Instituto Potosino de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, que tiene varias áreas de trabajo, una de ellas concentrada en la producción de nanotubos, en la cual se espera entrar en la etapa industrial en dos años. Por el momento, muchos de los esfuerzos en curso están siendo financiados con recursos institucionales y de programas internacionales.

México es un activo promotor de la Red Internacional de Nanociencia y Nanotecnología<sup>50</sup>, que incluye a instituciones académicas trabajando en nanotecnología en Estados Unidos, Europa y otros países latinoamericanos, y que tiene como objetivo principal el intercambio de experiencias, la ejecución de proyectos conjuntos, la formación de recursos humanos y la promoción y apoyo a la divulgación. También el MERCOSUR ha incorporado la cooperación en nanotecnología como un área de acción en su reciente Reunión de Ministros y Autoridades de C + T (2007).

Algunos países latinoamericanos han iniciado y están acelerando sus esfuerzos a partir de una decisión de política pública, considerando que la nanotecnología podrá contribuir al crecimiento económico y de esta manera resolver varios problemas de orden social. Otros países han avanzado en la investigación, con los mismos fines pero principalmente por la iniciativa de sus investigadores. A pesar de las diferencias en cuanto al esfuerzo de desarrollo de la nanotecnología en América Latina, existen algunos rasgos comunes a destacar<sup>51</sup>:

- Poca atención a los posibles impactos socioeconómicos de la tecnología
- Ausencia de estudios sobre los riesgos a la salud o ambientales y las implicaciones éticas asociadas a la nanotecnología
- Fracaso para generar un proceso de participación amplia en la preparación de propuestas, reduciendo consecuentemente las discusiones a un selecto grupo de científicos

50 Red INN. Contacto: Dr. Ventura Rodríguez: lugo.ventura@cuv.buap.mx

51 Ver p.e., Foladori (2006a)

Más aún, mientras que en Europa y los Estados Unidos se está discutiendo la necesidad de integrar cuestiones de nanociencia en el currículum educativo en todos los niveles de la educación, los programas en América Latina están centrados en la preparación de un grupo de elite de científicos, muchos de los cuales emigran con el tiempo a los países desarrollados, a falta de incentivos locales u otras condiciones apropiadas para el desarrollo de sus trabajos.

## **7.2 Nanotecnología en los países andinos**

La situación de la nanotecnología en los países andinos es totalmente heterogénea. En Bolivia no existe ninguna actividad de investigación, enseñanza o monitoreo. En Ecuador, el Plan de Ciencia y Tecnología señala que se promoverá su desarrollo sin explicar cómo operará. En Perú, el Plan de Largo Plazo incluye la creación de una estructura institucional básica para la nanotecnología. En Colombia, el organismo nacional de ciencia y tecnología, COLCIENCIAS, ha promovido y apoyado financieramente a grupos de investigación. Finalmente, en Venezuela varios grupos reciben apoyo, aunque limitado, de recursos nacionales y fuentes institucionales e internacionales. A continuación se presentará con algún detalle el estado de situación de la nanotecnología en Colombia, Perú y Venezuela.

### **7.2.1 Nanotecnología en Colombia<sup>52</sup>**

#### **7.2.1.1. Estado global de situación**

En Colombia, la investigación en nanotecnología fue iniciada por grupos de una cierta tradición en las ciencias básicas; los más antiguos se iniciaron en 1973. Considerando que la nanotecnología ha tenido un apogeo publicitario sólo en los últimos 5 años, la actividad de los científicos colombianos en la nanotecnología no se debe en forma principal a tal explosión publicitaria, sino a una transición natural según los temas de investigación de sus áreas temáticas; solamente cinco grupos han sido creados en los últimos seis años. Destaca también que, a pesar de que el país recibe los mayores reconocimientos científicos y el mayor número de citas internacionales en las áreas de la agricultura y la salud,<sup>53</sup> éstas son las áreas en las que la nanotecnología ha tenido un menor desarrollo.

<sup>52</sup> Forero y Gómez (2007)

<sup>53</sup> CIS (2004)

Para el presente trabajo, el análisis del estado de las tecnologías convergentes alrededor de la escala nano se realizó en primer lugar a partir de la base de datos de grupos de investigación de COLCIENCIAS. De acuerdo con los resultados obtenidos, en 2007 Colombia cuenta con 34 grupos de investigación registrados en el sistema nacional de ciencia y tecnología, que realizan proyectos de investigación asociados a la nanotecnología y tecnologías convergentes. El 56 por ciento de los grupos de investigación que presentan proyectos en nanotecnología y tecnologías convergentes se encuentran catalogados como tipo A por COLCIENCIAS<sup>54</sup>. La participación en investigación básica en nanotecnología por parte de grupos no categorizados es mínima. Tan sólo tres no han sido clasificados, y dos han sido sólo registrados.

A pesar del número relativamente alto de grupos de investigación que desarrollan proyectos de nanotecnología, el número de grupos dedicados exclusivamente a este campo es muy reducido (2 de 34), uno de ellos involucrado en investigación en fullerenos y nanotubos de carbono, y el segundo en deposición de películas ultradelgadas. El resto de los grupos trabaja sobre las tecnologías convergentes.

Los grupos de categoría A poseen un promedio de investigadores con estudios doctorales (8.89) superior a los de los grupos categoría B (2.29). De la misma manera, los grupos tipo A muestran mayor cantidad de estudiantes de doctorado, maestría y pregrado vinculados que los demás grupos. El número de profesores sin estudios doctorales es similar para todas las otras categorías de grupos de investigación. Se puede deducir entonces que la mayor productividad de los grupos A está relacionada con el mayor número de doctores y de estudiantes en sus proyectos de investigación.

#### **7.2.1.2. Proyectos de investigación**

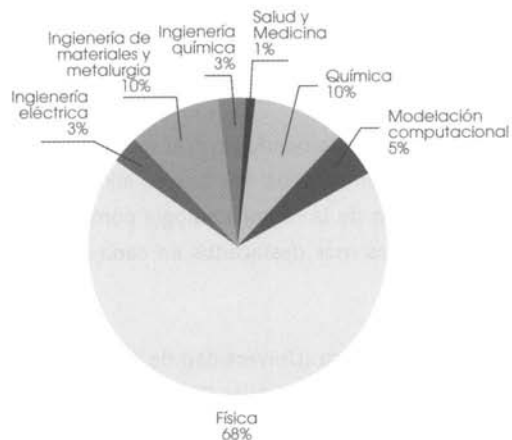
La mayoría de los proyectos de investigación en nanotecnología que se desarrollan en Colombia han sido enfocados desde la física de la materia, o desde los estudios básicos en química e ingenierías aplicadas (Gráfico 7). Como se ha señalado anteriormente, sorprende la baja convergencia de los proyectos de investigación con temas relacionados con ciencias biológicas y médicas. El número relativamente alto de proyectos de

<sup>54</sup> Los centros tipo A son aquellos reconocidos como productores de publicaciones científicas, con un número mínimo de investigadores con grado doctoral y otros atributos que hacen a centros de excelencia.

modelación computacional es atípico, por los importantes recursos comúnmente necesitados para este tipo de proyectos de investigación.

Los grupos que contribuyen con un mayor número de proyectos de grado en temas relacionados con la nanotecnología son los grupos de la categoría A de COLCIENCIAS (37 tesis, frente a 3 de la Categoría B y 9 de la categoría C). Los énfasis temáticos siguen la distribución de los grupos de investigación: física y química, seguidos de proyectos en ingenierías.

**Gráfico 7: Distribución de proyectos de investigación en nanotecnología por áreas temáticas**



### 7.2.1.3 Publicaciones científicas relacionadas

Las publicaciones científicas relacionadas con la nanotecnología presentan una tendencia de crecimiento a saltos en los últimos 10 años (Gráfico 8). La tendencia es positiva, aunque con altibajos. El aumento en productividad científica que se presenta entre 1999 y el año 2000 se debe posiblemente al efecto positivo en los recursos de investigación que se dio con la creación de la National Nanotechnology Initiative, en la que participan algunos grupos colombianos, y por los recursos destinados para investigación derivados exclusivamente para la nanotecnología a través de convocatorias.

**Gráfico 8: Publicaciones sobre nanotecnología en revistas científicas**



#### 7.2.1.4. Eventos académicos

Numerosos eventos académicos relacionados con la nanociencia y la nanotecnología (194) han tenido lugar en los últimos años. Muchos de ellos han tenido como objetivo la popularización y divulgación de la nanotecnología como área de investigación emergente. Los eventos académicos más destacados en cada uno de los últimos tres años han sido:

- Congreso de Micro y Nanoelectrónica (Universidad de los Andes 30/3, 2004).
- Nanoforum 2005 (25-26/8): Organizado por el Consejo Nacional de Nanociencia y Nanotecnología, Sección IEEE Colombia.
- Ciclo de conferencias del Dr. Carlos Cabrera, Director del "Center for Nanoscale Materials" de la Universidad de Puerto Rico, Recinto Río Piedras en la Pontificia Universidad Javeriana Sede Bogotá. 2006.
- Simposio Nacional "Nanotecnología: la revolución del siglo XXI" (15-16/ 2006). Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, organizado por Fundación Latinoamericana para la Promoción de la Ciencia FUNLACI y la participación de docentes e investigadores de la Universidad Nacional, BUNAIMA, IEEE-Colombia, CORPOGEN, el Centro de Excelencia en Nuevos Materiales-CENM, la Universidad del Valle, la Universidad Javeriana, la Asociación Colombiana para el Apoyo de la Investigación y otras instituciones no gubernamentales en el ámbito latinoamericano.



#### **7.2.1.5. Cursos en tecnologías convergentes**

Actualmente en las universidades de Colombia se dictan numerosos cursos formales y de educación continua que tratan la nanotecnología como un módulo, entre ellos se puede citar:

##### **a) Cursos de pregrado:**

- Universidad de los Andes: Principios básicos de nanotecnología. Departamento de ingeniería eléctrica y electrónica. Instructor: Alba Ávila Bernal
- Universidad el Bosque: Seminario de Investigación en Nanotecnología. Departamento de Ingeniería de Sistemas. Instructor: Fernando Gómez Baquero.

##### **b) Cursos de educación continua:**

- Curso nanociencia y nanotecnología: hacia una nueva revolución científica y tecnológica y sus implicaciones. Instructor: Edgar González.
- Principios básicos de nanotecnología. Instructor: Alba Ávila Bernal

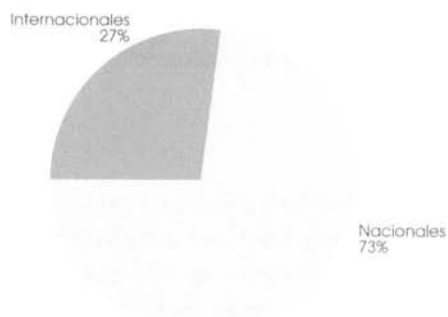
#### **7.2.1.6 Las tecnologías convergentes en la sociedad colombiana**

##### **a) Divulgación no especializada**

La divulgación no especializada sobre nanotecnología y tecnologías convergentes muestra un bajo volumen de artículos en temas relacionados con las nanotecnologías. Sólo 78 artículos divulgativos se han producido en los últimos tres años, siendo los diarios de distribución nacional los que más han contribuido a esta cifra. La mayor parte de los artículos divulgativos explican en qué consiste la nanotecnología o generalizan acerca de posibles desarrollos en nanotecnología. Otro tema frecuente en los artículos divulgativos está relacionado con materiales nanoestructurados, lo cual es congruente con las concentraciones temáticas de los grupos de investigación existentes.

Un alto porcentaje de las fuentes de los artículos son grupos de investigación y proyectos nacionales, lo cual explica la concentración en las mismas áreas temáticas. Es interesante resaltar que, a pesar de los más de 15.000 artículos divulgativos sobre nanotecnología que se producen anualmente en el mundo, se presente un mayor uso de fuentes nacionales que de fuentes internacionales (Gráfico 9).

**Gráfico 9: Tipo de fuentes de artículos divulgativos sobre nanotecnología**



La calidad de los artículos de divulgación es pobre y su nivel de profundización es bajo. Son comunes las concepciones erradas sobre la nanotecnología, resultado probablemente de insuficiente investigación por parte de los encargados, lo que afecta la percepción social sobre estas tecnologías (Cuadro 16).

**Cuadro 16**

**Ejemplos de concepciones erradas sobre nanotecnología en la prensa colombiana**

---

“Mucho se habla últimamente de la nanotecnología (en este caso el arte de fabricar electrodomésticos cada vez más pequeños), pero poco se escucha de sus utilidades en nuestra vida cotidiana.” Revista Cromos. Julio 29, 2005.

---

“Un ejemplo de nanotecnología serían análisis de sangre completos, así como de otras enfermedades, como sida, malaria e incluso cáncer, realizados de forma extremadamente barata e instantánea en comunidades de países en desarrollo, simplemente colocando una gota de sangre en una pieza plástica del tamaño de una moneda.” El Tiempo. Abril 13, 2005.

---

Aunque el número de artículos mejor documentados se encuentra alrededor del 88 por ciento, los artículos menos o mal informados se encuentran en las fuentes de mayor divulgación, y por lo tanto pueden generar un efecto negativo mayor en la percepción y el entendimiento de la nanotecnología y las tecnologías convergentes. Frente a esta situación, un grupo de investigadores colombianos han publicado un libro dirigido a una audiencia no especializada difundiendo los conceptos y las prácticas de la nanotecnología<sup>55</sup>.

55 Giraldo, et al. (2007)

### ***b) La percepción social de la nanotecnología***

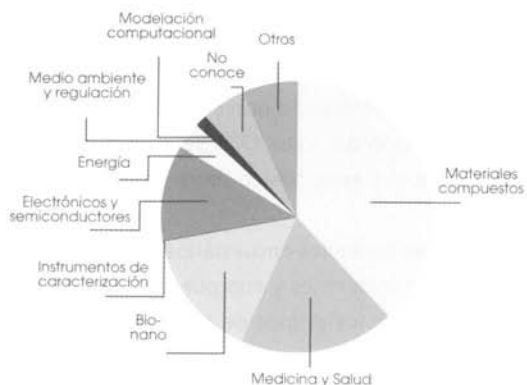
Con el fin de establecer la percepción o conocimiento que tiene el público en Colombia acerca de la nanotecnología, se realizó una encuesta dirigida a 92 personas (81 estudiantes de pregrado y 11 profesores universitarios) asistentes al simposio nacional "Nanotecnología: la revolución del siglo XXI". Se escogieron estas personas porque presentaban un conocimiento al menos básico sobre nanociencias y nanotecnología.

La mayor identificación que hacen los encuestados de proyectos en nanotecnologías en curso se da en el campo de materiales y compuestos (37 por ciento), lo cual coincide con la dedicación temática de los grupos de investigación colombianos. Es interesante la alta identificación de proyectos en Biología y Medicina, por ser éstos tan escasos (ver Gráfico 10). El proyecto de investigación con mejor reconocimiento individual es el conducido por la Pontificia Universidad Javeriana en su sede de Bogotá acerca de soluciones para el cáncer con nanotecnología.

La percepción general acerca de los proyectos de nanotecnología con mayor potencial muestra una inclinación hacia las áreas biológicas y medicina (18 por ciento) y biotecnología (6 por ciento), seguidos por los sectores tradicionales de energías alternativas (10 por ciento), cuidado del medio ambiente y materiales. Nuevamente, existe una percepción general de la ventaja competitiva de Colombia fundada en su biodiversidad, lo cual explica que se perciba a la medicina y a la bionanotecnología como las áreas con mayor ventaja competitiva. Este resultado también contrasta con la participación real de los grupos de investigación en proyectos relacionados a nanotecnologías.

En general se percibe que la generación y aplicación de nanotecnologías en Colombia puede generar un impacto positivo de crecimiento económico (91 por ciento). Las percepciones negativas (8 por ciento) acerca del impacto económico se argumentan en dudas de carácter general acerca de la capacidad competitiva del país frente al mundo. Es notable el pesimismo de un grupo de entrevistados acerca de las posibilidades de desarrollar una industria competitiva basada en la nanotecnología en Colombia; sin embargo, la mayoría de los encuestados piensa en la nanotecnología como generadora de oportunidades de crecimiento empresarial (98 por ciento).

**Gráfico 10: Identificación de proyectos de nanotecnología por área de conocimiento**



### **c) Riesgos y percepciones sociales**

La encuesta realizada en Colombia muestra que un alto porcentaje de los entrevistados tiene conciencia de los riesgos potenciales relacionados con la aplicación y la investigación en nanotecnologías. En efecto, 46 por ciento de los encuestados considera que la investigación presenta riesgos y el 67 por ciento tiene el mismo parecer respecto de la aplicación en este campo científico.

Los riesgos que se perciben están relacionados con el uso de nanotecnologías para fines bélicos (14 por ciento) y con la toxicidad general de las nanopartículas (13 por ciento). Sin embargo, en la encuesta, la categoría de varios predomina (39 por ciento), lo que indica una percepción difusa sobre la naturaleza de estos riesgos. Aunque en estudios globales no se ha determinado todavía el control de riesgos inherentes a las tecnologías convergentes, las personas entrevistadas presentan un alto grado de optimismo acerca de lo que se puede lograr mediante los organismos de control tradicionales (71 por ciento) frente a 9 por ciento que considera que no hay control posible.

Resulta interesante confrontar la eficacia y deseo de la reglamentación legal frente a la aplicación de códigos voluntarios de ética. Más de dos terceras partes de los entrevistados consideran que un código de ética acordado por los investigadores es suficiente. La confianza en la capacidad de autorregulación de la comunidad científica y de usuarios de la biotecnología es generalizada. Un elevado porcentaje de entrevistados no

consideran los instrumentos de reglamentación ética suficiente para controlar los riesgos (26 por ciento), y abren el campo para una discusión sobre la ética en la aplicación de las tecnologías convergentes.

Hay una gran dispersión de recomendaciones para construir competencias que permitan enfrentar los posibles riesgos de la investigación y el uso de la nanotecnología. Se destacan el conjunto de propuestas relacionadas con educación (19 por ciento), cultura (14 por ciento) y mayor información (13 por ciento). Otras recomendaciones incluyen la creación de un órgano regulador (6 por ciento).

#### **7.2.1.7. Las leyes y el estímulo a la nanotecnología**

No hay una visión clara en el público encuestado acerca de la forma como ciertas leyes pueden estimular o inhibir el desarrollo de la nanotecnología. Las respuestas obtenidas a esta pregunta apuntan a generalidades. Las respuestas en relación con los problemas que se enfrentan en Colombia para desarrollar proyectos de investigación o aplicaciones en nanotecnología son muy variadas. Sobresalen la falta de apoyo económico y de equipos de investigación.

En general hay una percepción alta acerca del valor económico que pueden representar potencialmente las nuevas tecnologías para un país como Colombia. La gran mayoría de encuestados ubica esta contribución potencial entre el 10 y el 20 por ciento del PIB, pero el resto estima valores aun superiores. Este valor debe compararse con la estimación de la participación de la nanotecnología en el PIB mundial hecha por Lux Research en 2004, de un 4 por ciento para el año 2014<sup>56</sup>. Las estimaciones de la participación de estas tecnologías en el crecimiento empresarial son aun mayores.

#### **7.2.2. Nanotecnología en Perú<sup>57</sup>**

##### **7.2.2.1. Estado de situación**

En el Perú, las actividades vinculadas a la investigación y difusión de la nanotecnología son todavía reducidas, aunque se han incrementado considerablemente, a

56 Lux Research (2004)

57 Vega-Centeno *et al.* (2007); Gutarra (2007b)

pesar de no estar incorporadas dentro de una iniciativa específica de Gobierno, como en otros países.

Las primeras investigaciones en nanotecnología se inician en las universidades en la década del 90, aunque no explícitamente, sino más bien como fenómenos incluidos dentro de la ciencia de materiales. En esos años ya existían grupos activos en la fabricación y caracterización de películas delgadas, que eventualmente trabajaban con recubrimientos de espesores menores que 100 nm para aplicaciones en óptica y optoelectrónica. Posteriormente se produjo un incremento sostenido en trabajos vinculados a la nanoescala, impulsados por dos factores importantes. Por un lado, la colaboración más frecuente entre grupos de físicos y químicos, que complementaban la síntesis de nanoestructuras con la caracterización y aplicaciones de las mismas. El otro factor importante fue la adquisición de microscopios electrónicos, que permitieron observar y caracterizar los materiales. Cabe indicar que estos equipos fueron obtenidos como donaciones por gestiones individuales de los investigadores.

Actualmente las universidades han incrementado notoriamente sus actividades de investigación en este tema, ajustando presupuestos y adaptando equipamiento de sus líneas de investigación tradicionales. Las cuatro principales universidades del país, Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), Pontificia Universidad Católica (PUCP) y Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH), tienen grupos reducidos trabajando en nanotecnologías pero, pese a que comparten algunos proyectos específicos, no se ha llegado a establecer un plan integrador que unifique los recursos humanos y la infraestructura disponible. En las universidades no capitalinas, la actividad es menor, destacando las universidades Nacional de Trujillo y la Universidad de San Agustín de Arequipa.

Aunque los presupuestos públicos y privados son escasos, se ha logrado una interesante posibilidad de financiamiento en los próximos meses, debido a que el Perú ha recibido un préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para la ejecución de un plan de ciencia y tecnología. El monto total disponible (sumando la contraparte peruana) es de 36 millones de dólares, con una duración de cuatro años. Aunque la nanotecnología no es una de las líneas específicas del plan, podrán ser sujetos de financiamiento proyectos basados en nanotecnología, siempre que se orienten a mejorar la competitividad del sector productivo peruano.

El número de investigadores activos en este campo todavía es escaso (en este trabajo hemos podido identificar a 17) y el de sus publicaciones refleja esta escasez; sin embargo, es previsible que la nueva oferta de financiamiento (BID) y los signos de apoyo institucional produzcan un incremento en estos indicadores para los próximos años. Desde el punto organizativo, el Perú ha conformado un Comité Asesor sobre Nanotecnología, compuesto de tres universidades (PUCP, UNMSM y UNI) y el Instituto Peruano de Energía Nuclear.

#### **7.2.2.2. Proyectos de investigación**

En términos generales se puede apreciar mayor dedicación a la caracterización y aplicación de nanomateriales por parte de los grupos de físicos de estado sólido e ingenieros de materiales. Los químicos e ingenieros químicos se han involucrado más en la síntesis de nanocompuestos, especialmente por técnicas como sol-gel, coprecipitación, hidrotermal, etc.; los biólogos y médicos han mostrado particular interés en el desarrollo de biosensores y técnicas para liberación de fármacos.

Entre las aplicaciones de mayor desarrollo actual se encuentra la descontaminación del agua. Éste es un problema importante, sobre todo en las zonas alto andinas con alta presencia de actividad minera, donde en algunos casos la población que no dispone de servicio de potabilización de agua puede llegar al 70 por ciento. En esta línea, la UNI, la UNMSM y la PUCP han abordado el problema con diferentes técnicas. Una de ellas es el uso de nanopartículas fotocatalíticas de dióxido de titanio y óxido de cinc expuestas a radiación UV artificial o solar. Estos sistemas han sido probados en el campo, con resultados alentadores pero susceptibles de mejora. Otra técnica en uso está basada en el uso de arcillas modificadas como adsorbentes, tanto en polvos como en filtros compactos porosos. Esta opción tiene varias ventajas. La arcilla es un mineral abundante y de bajo costo, tiene muy buena eficiencia como adsorbente y la técnica de fabricación de los filtros puede ser rápidamente transferida a los pobladores, debido a que el trabajo en cerámica es ancestral en varias poblaciones andinas.

Grupos de las cuatro universidades se han unido en un proyecto para desarrollar biosensores del tipo ISFET para el diagnóstico de microorganismos patógenos o biomoléculas tóxicas basado en la detección del acople antígeno-anticuerpo. En esta línea hay una participación muy importante de la UPCH, universidad con reconocida calidad en investigaciones en biología y medicina y con interés particular en la innovación de

técnicas de diagnóstico de enfermedades como tuberculosis, cólera, hepatitis, etc. En la UNI se desarrolla una alternativa a los biosensores inmunológicos que se basa en el uso de silicio nanoporoso fotoluminiscente para la detección de bacterias, el cual opera por inspección visual de las diferentes coloraciones que adopta este material cuando alguna especie se adsorbe en su superficie.

En el aspecto de la síntesis de nanoestructuras, se puede observar la consolidación de grupos, especialmente de químicos, con la capacidad de obtener nanopartículas de oro con recubrimientos de silicio amorfo funcionalizadas (UNMSM) y de nanopartículas magnéticas de óxido de hierro (UNI).

Uno de los aspectos básicos que aborda la nanotecnología se viene desarrollando en la PUCP. El Grupo de Óptica Cuántica viene trabajando en diferentes temas, algunos de los cuales se relacionan con la "computación cuántica". Una de las cuestiones en la que se ha puesto gran esfuerzo es la fabricación de un primer prototipo de computador cuántico basado en las llamadas "trampas iónicas". Es en esta área donde este grupo ha hecho contribuciones referidas a los "traductores fotón-fonón". Adicionalmente, se están realizando trabajos en torno a las llamadas "maquinas cuánticas de clonación", las que están íntimamente relacionadas a las computadoras cuánticas.

### **7.2.2.3. Vínculos entre actores**

El Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (CONCYTEC), como órgano rector de las actividades en CyT, es el principal promotor a través del financiamiento de proyectos concursables y la coordinación entre las unidades de investigación y los usuarios potenciales de esta nueva tecnología. Formalmente, la nanotecnología constituye uno de los ejes temáticos del Programa Nacional de Materiales, que a su vez es parte del Proyecto Nacional de Ciencia y Tecnología 2006-20021 (PNCYT). Es importante señalar que los proyectos en nanotecnologías propuestos en el PNCYT han sido elaborados por los sectores académicos y empresariales con criterios de factibilidad técnica y prioridad social. Por otro lado, la Academia Nacional de Ciencias también ha promovido reuniones de discusión entre investigadores, principalmente de las especialidades de física, química, biología e ingeniería, con el propósito de unificar los esfuerzos de investigación y formar redes multidisciplinarias e interinstitucionales. En el Cuadro 17 se reportan algunos eventos académicos y divulgativos que muestran el creciente interés en las nanotecnologías.



**Cuadro 17**  
**Eventos académicos y de divulgación recientes en Perú**

Evento	Organizador	Tema	Fecha
Seminario sobre nanotecnología	Academia Nacional de Ciencia y Tecnología	Fundamentos de nanociencia y avances de investigación locales. Dirigido a estudiantes de posgrado	Mar-05
Difusión en diario de circulación nacional	Diario La República	Nanotecnología y salud <a href="http://www.larepublica.com.pe/content/view/126775/592/">http://www.larepublica.com.pe/content/view/126775/592/</a>	Oct-06
IV Congreso Peruano de Ciencia y Tecnología de Materiales	Sociedad Peruana de Materiales	04 ponencias Curso: Nanomaterials for electronics, photonics and life sciences. Magnus Wallender, Chalmers University, Sweden. Curso: Nanopartículas, métodos físicos de preparación y técnicas de caracterización. Frederic Chandezon, CEA, Grenoble. Francia	Nov-06
Foro nanotecnología	Academia Nacional de Ciencia y Tecnología	Desarrollo y perspectivas de los biosensores y nanomateriales en el país. Investigadores nacionales	Ene-07
XXIII Congreso Peruano de Química	Sociedad Química del Perú	Curso: Nanopartículas, métodos de preparación y técnicas de caracterización 02 ponencias	Mar-07
Participación en Encuentro Nano	Fundación Argentina de Nanotecnología	Panorama y perspectivas de la micro y nanotecnología en el Perú	Ago-07
Concurso Nacional de Proyectos de Investigación (PROCYT)	Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación	Se establece el tema nanotecnologías como susceptible de financiamiento	Julio-septiembre 2007

Respecto a la formación de recursos humanos, es importante el tema de la educación de los jóvenes investigadores. Se ha discutido (y en algún caso puesto en práctica a nivel piloto) la conveniencia de incorporar cursos de biología en los primeros cursos del pregrado en carreras de ciencias e ingeniería. Esta modificación incrementaría la capacidad para resolver problemas interdisciplinarios que son característicos de la nanociencia y la nanotecnología. En el mismo sentido, se ve necesario incrementar y en algunos casos incorporar cursos de física cuántica en las carreras de ingeniería, especialmente en las de ingeniería química, debido a que en la nanoescala predominan los fenómenos cuánticos.

Representantes de la UNI y de la UNMSM han considerado la conveniencia de elaborar cursos de postgrado comunes para ambas universidades. Actualmente sólo la UNI ha incorporado un curso formal sobre nanomateriales en sus programas de maestría en física y química. La baja dimensionalidad impone algunas dificultades para la caracterización y la predicción de propiedades de las nanoestructuras. Para superar estos inconvenientes se están formando grupos expertos en métodos computacionales en las universidades UPCH, UNMSM y UNI, cada uno de los cuales disponen de sistemas de computación en paralelo que están siendo interconectados.

#### **7.2.2.4. Perspectivas de desarrollo**

En el caso peruano se observa una apreciable coherencia entre las líneas principales de investigación que ocupan a los investigadores y las demandas sociales de mayor impacto, como el tratamiento del agua, la salud y la contaminación ambiental. Esta situación facilita mucho la posibilidad de unir esfuerzos y optimizar las estrategias, tanto desde el punto de vista técnico como desde la posibilidad de gestionar recursos internos y de la cooperación internacional. Ello lleva a pensar que a corto plazo se integren más los sectores académicos; sin embargo, deberán hacerse mayores esfuerzos para involucrar a los sectores productivos. Entre los empresarios privados se ha observado un interés por informarse en qué medida la adopción de nanotecnologías podría ser rentable, pero difícilmente decidirán (al menos en esta etapa) arriesgar capital para investigación. En este aspecto, es necesaria la intermediación del Estado con incentivos y promociones.

Una reflexión especial es el aporte que un considerable número de investigadores peruanos, que se encuentran liderando grupos en universidades extranjeras, hacen a sus pares peruanos. Esta relación se ha materializado no sólo en la transmisión de cono-

cimientos actualizados sino muchas veces en la codirección de proyectos. Si este vínculo se organiza institucionalmente, la investigación en nanotecnología podría multiplicarse y elevar su calidad.

Todavía hay una limitada percepción de las ventajas o riesgos de la nanotecnología en el público no especialista. Aunque se debe reconocer que la demanda de información es mayor que la capacidad de respuesta. Con cierta frecuencia la prensa escrita y televisiva recurre a las universidades en busca de información pero, debido al limitado número de investigadores dedicados al tema, se pierde la oportunidad de llegar al gran público. Es importante que los sectores más informados comuniquen a todos los niveles sociales el impacto que las nanotecnologías van a tener en un futuro cercano, y que mantenerse al margen del conocimiento sólo incrementará la vulnerabilidad del país frente a los grandes problemas de la región, como la salud, la alimentación, la vivienda y la contaminación, con el consiguiente perjuicio económico y social.

### **7.2.3. Nanotecnología en Venezuela<sup>58</sup>**

#### **7.2.3.1. Estado de situación**

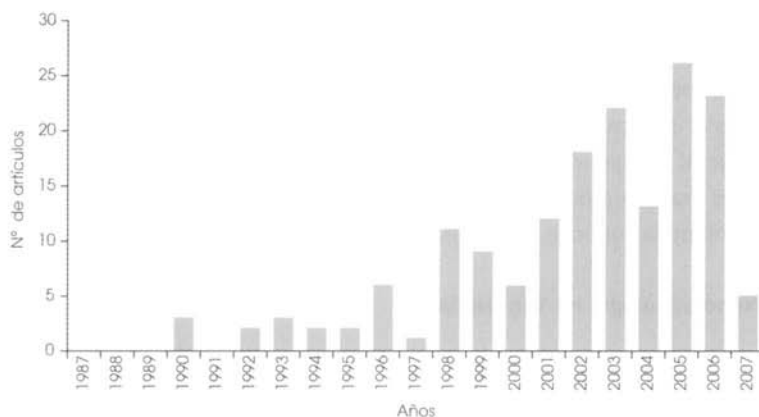
A objeto de identificar a los investigadores que trabajan en nanotecnología en Venezuela y conocer los resultados de sus investigaciones, se consultó el registro de investigadores inscritos para finales de 2005, en el Programa de Promoción del Investigador (PPI). Posteriormente se hizo una búsqueda a través del *Web of Science* en la base de datos del *Science Citation Index*, con la intención de rescatar la producción científica venezolana publicada en revistas indexadas en esa base de datos (entre 1987 y 03/2007), circunscribiendo la búsqueda a aquellos autores adscritos a alguna institución venezolana.

El criterio de búsqueda en ambos casos fue la presencia del prefijo “nano” en los campos pertinentes (“línea de investigación” en el PPI y los campos de “título”, “palabras clave” y “abstract” en el SCI), a pesar de que no necesariamente éste es el indicativo ideal para una búsqueda óptima. Algunos autores se preguntan si el creciente auge que ha tenido este prefijo en la literatura especializada constituye la terminología propia a la emergencia de un nuevo campo científico o si es simplemente la expresión de una moda pasajera.

58 Vessuri y Sánchez (2007) y Goncalves (2006)

La actividad de investigación en nanoescala en Venezuela comienza a evidenciarse en el año 1990, con las primeras publicaciones científicas. Progresivamente esta actividad fue mostrando un crecimiento lento pero sostenido, fundamentalmente en la última década, para completar para la fecha un total de 164 artículos (Gráfico 11).

**Gráfico 11: Producción científica venezolana en nanoescalas (indexadas en el SCI entre 1987 y 2007)**



Fuente: elaboración propia

Se pudo identificar un total de 162 personas que desarrollan investigaciones a nivel de nanoescala en Venezuela. De todas estas personas, solamente 60 declaran expresamente su pertenencia a esta área de conocimiento. Se trata de los investigadores registrados en el “Programa de Promoción del Investigador”, quienes voluntariamente se inscribieron en el programa e identificaron las líneas de investigación en las que trabajan. Los autores más productivos se concentran básicamente en tres instituciones: el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), la Universidad de Los Andes (ULA), la Universidad Simón Bolívar (USB) y, en menor proporción, la Universidad Central de Venezuela (UCV).

En Venezuela existen proyectos de investigación, pero no se visualizan programas articulados más allá de las conexiones de investigadores individuales con redes o programas en otros países. El desarrollo de las investigaciones en ésta área de conocimiento se ha venido realizando en estrecha colaboración con grupos e instituciones de

diversas partes del mundo. Los nexos más sólidos han sido establecidos con los países europeos (España, Francia, Inglaterra, Italia y Alemania), con Norteamérica, con otros países latinoamericanos (Argentina, México y Brasil), con Asia (Japón y Rusia) y con Australia. En contraposición, la colaboración entre los distintos grupos institucionales nacionales es prácticamente inexistente.

En 1992, a través del Programa "Nuevas Tecnologías", financiado por el Gobierno y el BID, se otorgaron becas-crédito destinadas a la formación de capacidades científico-técnicas en áreas predefinidas como estratégicas. El objetivo del programa consistió en buscar "incrementar la capacidad del país para realizar investigaciones, preparar recursos humanos y prestar servicios científico-tecnológicos en las áreas de biotecnología, química fina, nuevos materiales, electrónica e informática y sus disciplinas básicas y asociadas".

De acuerdo al Boletín del Sistema de Información de Becarios del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), desde el año 1992 hasta el año 1996 fueron beneficiadas 264 personas, las cuales se distribuyeron según muestra el Cuadro 18.

La mayoría de estas becas (86 por ciento) fueron otorgadas para cursar estudios en organizaciones en el exterior. Estados Unidos fue el principal país receptor de los estudiantes becarios en todas las áreas de conocimiento, a excepción de los de química fina, que optaron por el Reino Unido.

**Cuadro 18**  
**Número de becarios venezolanos en tecnologías transformativas y áreas afines**

Áreas	Becarios	
	No.	%
Biotecnología	119.00	45.10
Informática	58.00	21.90
Química fina	39.00	14.80
Nuevos materiales	33.00	12.50
Electrónica	15.00	5.70
<b>Total</b>	<b>264.00</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Sistema de Información de Becarios Investigadores del Conicit (SIBIC) 1996

El programa se definió estratégicamente para formar personal del más alto nivel de excelencia. De allí el énfasis en las becas de nivel de doctorado e incluso de postdoctorado, y la realización de los estudios avanzados en los mejores centros de avanzada del ámbito internacional. Así se observa que por nivel académico predominó la presencia de becas de doctorado y por área de conocimiento prevaleció la biotecnología, con 91 becarios (34,09 por ciento), mientras que en postdoctorado se otorgaron 20 plazas (7,6 por ciento). La informática fue la segunda disciplina con mayor demanda, con 45 candidatos a doctor y 8 postdoctorados.

El Programa de las Nuevas Tecnologías culminó aproximadamente en el año 1999 y dejó como saldo no sólo un importante número de profesionales de alto nivel para la investigación, sino también laboratorios mejor equipados, proyectos de investigación y la Asociación Red Académica de Centros de Investigación y Universidades Nacionales, Reacciun (CONICIT, 1998). Actualmente, el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (anteriormente CONICIT) lleva adelante el Segundo Programa de Ciencia y Tecnología (BID-FONACIT II), cuyo objetivo fundamental es el fortalecimiento del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, mediante el apoyo de las acciones emprendidas por el FONACIT a través de sus programas regulares.

### **7.2.3.2. Programas de formación**

Recientemente han surgido algunas iniciativas orientadas a promover la nanotecnología en el medio universitario a través de las llamadas Escuelas de Nanociencia y Nanotecnología, organizadas por la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes. La primera escuela se realizó en el marco del VII Congreso Venezolano de Química y XVII Encuentro Nacional de Catálisis, a finales de 2005. El segundo evento, denominado "Escuela Latinoamericana de Nanociencia" fue realizado en julio de 2006 y se lo concibió como una estrategia para motivar a los estudiantes de pregrado y postgrado del Departamento de Física para formarse en el área de conocimiento y crear capacidades venezolanas en nanociencia.

Por otro lado, como parte del Programa de Cooperación de Postgrado (PCP) entre Venezuela y Francia, desarrollado durante el 2004, se financiaron 17 programas en las áreas de óptica no lineal, nanopartículas empleadas como catalizadores, revestimiento de materiales, sustancias naturales bioactivas, asfaltenos, gestión y control del agua,

formulación de emulsiones, optimización e integración de procesos, fluidos petroleros, bombeo y transporte, extrusión de cereales y de almidones, aplicaciones biocompatibles de anfiiflos, vacunas para animales, medios porosos, formulaciones multifásicas y cosméticas.

Entre el 7 y el 11 de mayo de 2006 se celebró en la localidad de Choroni (Maracay) la conferencia Internacional en Nanociencia (ICON2006), que contó con la participación de un nutrido número de investigadores y estudiantes de las distintas instituciones académicas del país. Participaron en la organización del evento el National Institute of Standards and Technology, NIST, (National Nanotechnology Initiative), el Center for Theoretical and Computational Nanosciences (NCTCN), por Norteamérica, la Universidad Autónoma de Madrid y Phantoms Foundation, por España, y el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas y la Universidad Central de Venezuela (Facultad de Ciencias), por Venezuela.

En febrero de 2006 se realizó en Caracas y otros puntos de Venezuela el VI Encuentro del Foro Social Mundial. En relación con la nanotecnología y en general las tecnologías convergentes hubo varios talleres, de los cuales se identificaron dos: uno "Nanotecnología y ambiente para un posible nuevo mundo" y otro sobre "Nanotecnología..." Los dos talleres fueron organizados por ETC (Grupo de Acción sobre Erosión, Tecnología y Concentración)<sup>59</sup> y contó con algunos participantes locales.

### **7.2.3.3. Vínculos entre actores**

La cooperación del gobierno con la industria suele ser un foco importante para muchos países, debido a la necesidad de transferir las crecientes innovaciones en la investigación nanotecnológica al desarrollo industrial. No se ha logrado identificar si los investigadores activos en el tema en Venezuela establecen relaciones con industrias extranjeras, en ausencia de demanda explícita de las industrias en el país. Tampoco ha sido posible identificar si el sector productivo está informado (o consciente) de las tecnologías convergentes, y si hace algo sobre ellas.

A partir de la actividad de patentes se puede inferir como hipótesis que no hay mucha información al respecto. Sólo tres de las 41 solicitudes de patentes introducidas

59 [www.etcgroup.org](http://www.etcgroup.org)

en el Sistema Autónomo de Propiedad Intelectual (SAPI) entre 1986 y 2003 fueron hechas por instituciones venezolanas (una del Parque Tecnológico de la Universidad del Zulia y las otros dos de INTEVEP, empresa filial de PDVSA orientada a la generación de soluciones tecnológicas para las distintas actividades de la industria). La mayoría de las solicitudes de patentes introducidas en SAPI provienen de empresas transnacionales, fundamentalmente norteamericanas y en menor cantidad de Francia, Inglaterra y Alemania. Las aplicaciones de estas patentes se orientan de manera particular al desarrollo de nuevos materiales, así como al área de petróleo y farmacéutica.

#### **7.2.3.4. Riesgos**

Con respecto a los riesgos, en términos generales la comunidad científica venezolana no los concibe como una dimensión inherente de la actividad de investigación que realiza, y cuando lo hace identifica el tema como una problemática de orden ético que debe ser asumido por los organismos correspondientes. El principio precaucionario, y por ende el riesgo, es una dimensión que prácticamente no es tomada en cuenta por la comunidad científica, en todas las áreas de conocimiento.

La bioética fue asumida como un principio rector de la política venezolana en materia de CT, al incorporarla dentro de la Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (2002), que dispone la creación de comisiones multidisciplinarias de ética, bioética y biodiversidad, encargados de elaborar los instrumentos de política correspondientes. Hoy existen pocos Comités de Bioética institucionales conformados y los que existen no disponen de normativas estandarizadas que regulen su funcionamiento. El código aprobado por el MCT en 1999 establece las normas en la materia que deber regir la investigación con organismos vivos y en el ambiente, aplicables a las ciencias de la salud, ciencias sociales, humanísticas, biológicas y ambientales.

El término bioseguridad, introducido en este código, se refiere no sólo a su acepción tradicional (referido a las normas que se aplican al trabajo de laboratorio que realizan los centros de I + D), sino también a la acepción moderna. Esta última es la que se aplica a los proyectos de investigación y desarrollo que hacen uso de las modernas técnicas de la biotecnología, particularmente la empleada para la obtención de organismos genéticamente modificados (OGM). Las normas que aplican en este último caso pretenden orientar el comportamiento de los investigadores y establecer los procedi-



mientos necesarios para garantizar el uso adecuado de los OGM y de los agentes biológicos peligrosos y organismos exóticos, tanto en el laboratorio como fuera de éste. La función normativa y de control de los Comités de Bioética no está libre de conflictos, pues muchos investigadores creen que la función primordial de estos comités es “entorpecer el desarrollo de sus proyectos de investigación”.

#### ***7.2.3.5. Opinión de la comunidad científica venezolana sobre las tecnologías convergentes***

El equipo de investigación en Venezuela elaboró un cuestionario dirigido a recoger las opiniones de distintos investigadores sobre lo que se hace y debería hacerse con relación a las tecnologías convergentes, y de manera particular en torno a la nanotecnología. Este cuestionario fue enviado por correo electrónico a 62 investigadores de distintas partes del país, de los cuales sólo 7 respondieron. Para complementar la información, se decidió entrevistar personalmente a expertos en el área, apoyados en las preguntas del cuestionario.

Uno de los elementos centrales del estudio de caso fue indagar si las comunidades científicas se encuentran produciendo evaluaciones, alertas, artículos y otras formas de monitoreo y seguimiento de desarrollos científicos y tecnológicos producidos localmente y en el exterior, con particular énfasis en las tecnologías convergentes y dirigidos a decisores de políticas públicas, empresarios, académicos, gremios, sindicatos, y ciudadanos en general. También fue de interés identificar hasta dónde las comunidades científicas están produciendo evaluaciones comprensivas e independientes, de tal manera que un público informado pueda apoyar la definición de políticas y aprobaciones regulatorias para el desarrollo y uso de productos provenientes de NBIC. Algunos de los resultados y criterios más importantes recogidos de esta indagación se reflejan en las siguientes secciones.

#### **a) Estado de situación y perspectivas**

- Existen actualmente desarrollos en varios campos de aplicación, entre ellos: nanotubos de carbón; convergencia nano-info para inscripción de datos; microelectrónica; catálisis en la industria petrolera; materiales magnéticamente estructurados; nano-partículas magnéticas; materiales magnéticos y ferro-eléctricos; estructuras de

sistemas organizados con surfactantes y polímeros (cristales líquidos, liposomas, nano emulsiones).

- Algunos investigadores son de la opinión de que la nano es una moda y muchos siguen la moda, y que cualquier resultado sirve sobre todo fuera del país.
- Estos avances, que constituyen esfuerzos aislados, señalan la existencia de un importante potencial que no es utilizado plenamente en ausencia de una política. Al mismo tiempo, estos esfuerzos se hacen difíciles en ausencia de una base industrial que la utilice, la financie y la genere.
- El país depende mucho de la colaboración extranjera, ya que no dispone de los instrumentos básicos para la nano manipulación y la nano visualización. Ése es un motivo por el cual se siguen las líneas de investigación impuestas por los colaboradores fuera del país. Al mismo tiempo, se considera que es fundamental la cooperación internacional para el desarrollo de esta área, por el avance realizado en los últimos 10 años, y que debería intensificarse, por lo que es necesario dar más apoyo y recursos a los pequeños grupos nacionales para que puedan negociar mejor con sus colaboradores.
- El Ministerio de Ciencia y Tecnología debería crear un programa nacional de nanotecnología para identificar capacidades, desarrollar visiones de largo plazo, establecer prioridades, que incluyan una visión de los mercados y dotar de la infraestructura necesaria, incluyendo la creación de un centro dedicado específicamente a la nanotecnología. Este programa promovería desarrollos locales y al mismo tiempo serviría para monitorear los desarrollos internacionales.
- Se debe sensibilizar a las altas esferas políticas de que ésta es un área de la tecnología que requiere una experticia relativamente elevada, que no se construye de un momento a otro y que es también costosa, si se desea que tenga impacto.
- Para la definición de políticas públicas sobre la materia, los decisores deben tener una relación directa con los involucrados, en particular los que coordinan los entes en donde éstos participan (p.e., rectores de las universidades y directores de los grupos de investigación). Una cuestión que debe ser tratada dentro de la política es la dimensión ética.
- Las universidades e instituciones de educación preuniversitaria deben asumir una responsabilidad especial en la formación de recursos humanos, por ejemplo, introduciendo cursos sobre nanotecnología en los programas curriculares de física. Los esfuerzos deberían orientarse también hacia la formación de recursos humanos, la creación de redes y la formación de grupos de investigación.

- Lo anterior debe hacer parte de las políticas de Estado y la participación de sectores económicos productivos, así como la de las sociedades y organizaciones nacionales e internacionales abocadas a la promoción de ciencia y tecnología.

#### **b) Impactos (sociales, económicos, ambientales, culturales, etc.) y riesgos**

- Los especialistas consideran que la nanotecnología proyecta muchas oportunidades, por el amplio rango de sus aplicaciones. Ejemplos de ello son el uso de nanopartículas para el tratamiento de aguas contaminadas y el tratamiento de cáncer de piel y los nanotubos de carbón para ayudar a curar ciertas enfermedades degenerativas como el Parkinson o el Alzheimer. En el caso venezolano, el principal impacto se daría en lo económico, lo que a su vez tendría repercusiones en lo social, con el desarrollo de catalizadores para la industria del petróleo y petroquímica (generación y almacenamiento de hidrógeno) y de energías alternativas (celdas de combustibles, almacenamiento de energía, fotoquímica, etc.).
- Existe una opinión general de que el desarrollo de la nanotecnología evitaría incrementar la brecha tecnológica que existe hoy entre las economías desarrolladas y las emergentes.
- Al mismo tiempo, se considera que puede haber riesgos ambientales y de salud, pero que los mismos no son conocidos plenamente. También se asume que, como toda aplicación nueva, existe riesgo y que el problema es simplemente de regulación.

#### **c) Transmisión de conocimiento a los actores del desarrollo y ciudadanos**

- Existe conciencia de la necesidad de divulgar el conocimiento sobre nanotecnología en términos simples a los actores del desarrollo y los ciudadanos, puesto que mientras mayor sea el grado de conocimiento general de la población, habrá mayor posibilidad de participación activa en el desarrollo de una nueva sociedad. Existe una opinión que señala que esta tarea no le toca sólo a la comunidad científica, porque el papel más importante lo tienen los medios de comunicación.
- Se identifica la responsabilidad de los científicos de poner información a la disposición, clasificarla y ordenarla. Esto requiere un trabajo adicional al de la investigación, para informar sobre lo que se está haciendo en términos sencillos; es una tarea de difusión y participación en charlas, seminarios y otras manifestaciones de divulgación.

- Existe una opinión generalizada de que es indispensable introducir el conocimiento sobre estas tecnologías a nivel de educación media, y que la comunidad científica debe asistir en la divulgación de estos conocimientos, haciéndolos lo más comprensibles que sea posible para el público no especializado. Para ello deberán participar en la inclusión de estos conocimientos en la educación media y en la reformulación de programas de estudio especializados que incluyan las nuevas herramientas disponibles para el desarrollo y caracterización de nanomateriales.

#### ***7.2.3.6. Opiniones de los decisores de política***

En opinión de los decisores de política en Venezuela, apenas se está en una etapa de conocimiento sobre la convergencia NBIC. En ese contexto, no es fácil avanzar, pues existen deficiencias aun en las tecnologías más tradicionales, como por ejemplo, el rezago en la tecnología de procesos, que es prácticamente inexistente en el área química. Actualmente el MCT no tiene una opinión uniforme respecto de la formulación de una política. Se considera necesario hacer un estudio prospectivo, para luego establecer y definir algunas líneas de política. Por el momento al menos, el papel que le toca jugar al MCT es alertar sobre la temática a los tomadores de decisiones.

Con respecto a la divulgación, se considera importante que el Estado facilite y garantice la información al público, tomando en cuenta el nivel de información y de educación que tenga la gente para comprender estos temas. Una población altamente educada tiene mayor posibilidad de entender las implicaciones de estos avances y apoyar las decisiones de política que se adopten.