

# Centro de Investigación en Química Aplicada

Carlos Alberto Ávila Orta\*

**RESUMEN:** El Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) cumple 40 años en este 2016, de los cuales aproximadamente la mitad se ha dedicado a la investigación, desarrollo e innovación de la nanociencia y nanotecnología (NyN). En este periodo se han obtenido como resultado un buen número de proyectos financiados por agencias tanto gubernamentales nacionales como extranjeras, así como con la iniciativa privada. Los productos derivados de estos proyectos han sido artículos, patentes, formación de recursos humanos altamente especializados en los niveles de doctorado, maestría, licenciatura, y, recientemente, técnicos superiores en nanotecnología. Contribuyendo con esto al desarrollo de conocimiento fundamental, aplicado y de formación de recursos humanos del país en los sectores salud, energía, agrícola y automotriz, entre otros.

**PALABRAS CLAVE:** Nanociencia, nanotecnología, polímeros, síntesis, modificación, procesamiento, patentes.

**ABSTRACT:** On his 40th anniversary, Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) celebrates that half of his life has been devoted to research, develop and innovate (RD+i) in nanoscience and nanotechnology (NT and NS). As a result a number of RD+i projects in NS and NT have been supported from government agencies, mainly CONACyT, and overseas, as well as from private industry. The main products of such RD+i projects are scientific papers, intellectual property (patents), highly educated human resources in PhD, masters and bachelors lever, and recently nanotechnology undergraduate students. All of this have contributed to the generation of new knowledge, fundamental and applied and human resources formation in priority sectors such as health care, energy, agriculture, automotive among others.

**KEYWORDS:** Nanoscience, nanotechnology, polymers, synthesis, surface modification, processing, patents.

## Antecedentes

El CIQA es un organismo descentralizado, perteneciente al Sistema de Centros Públicos de Investigación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, cuyo objetivo es realizar actividades de investigación científica básica y aplicada, desarrollo experimental, innovación tecnológica y formación especializada de capital humano de alto nivel en los campos de la química, los

---

Recibido: 18 de agosto de 2016. Aceptado: 24 de agosto de 2016.

\* Investigador Titular B. Departamento de Materiales Avanzados, CIQA. Blvd. Ing. Enrique Reyna H. No. 140. Col. San José de los Cerritos, Saltillo, Coah., México, C.P. 25294. Correspondencia: (carlos.avila@ciqa.edu.mx). Tel. +52 (844) 438-9830 ext. 1391.

**IMAGEN 1.** Dirección General.



polímeros, los materiales avanzados, la biotecnología, el medio ambiente, los recursos naturales y demás disciplinas afines.

Estratégicamente ubicado en la ciudad de Saltillo, el CIQA se constituye como el centro más integrado y avanzado del país, que provee a diferentes sectores e industrias que utilizan plásticos, de especialistas, maestros y doctores altamente calificados, así como de investigación para generar conocimiento, desarrollo de nuevas tecnologías, y servicios de análisis y laboratorio.

De igual manera se vincula con diferentes instituciones y organismos en busca de acciones cooperativas que generen el desarrollo regional, y cumple su responsabilidad de divulgar a la sociedad los beneficios y resultados de su investigación.

## Misión

Realizar actividades de investigación, docencia y servicios tecnológicos en el área de química, polímeros, nanomateriales y disciplinas afines para contribuir al progreso del sector industrial, educativo y social, mediante la creación y transferencia de conocimiento científico y tecnológico, y la formación de capital humano especializado.

## Visión

Ser líder nacional en el área de polímeros y nanomateriales, con reconocimiento internacional en investigación, desarrollo tecnológico, innovación y

formación de capital humano; socio tecnológico de alto valor para el sector industrial; una institución con suficiencia económica, y, contribuir de manera relevante a la solución de problemas nacionales, regionales y locales en nuestras áreas de competencia.

## Historia

En 1973, el Centro de Investigación en Química Aplicada inició sus actividades con un proyecto sobre el aprovechamiento de uno de los recursos naturales de las zonas áridas del norte de México, el hule de guayule. El día 2 de noviembre de 1976 se hizo oficial la existencia del CIQA mediante un decreto presidencial publicado en el *Diario Oficial de la Federación*. Posteriormente el CIQA incorporó a sus programas de investigación y desarrollo, estudios para el aprovechamiento de otros recursos naturales, como los extractos de las hojas de gobernadora, la cera de candelilla, el aceite de jojoba y las fibras de lechuguilla y palma.

Todo este trabajo sobre recursos naturales permitió, paralelamente, la formación de investigadores y la conjunción de infraestructura en química orgánica, química analítica, tecnología de polímeros e ingeniería de procesos químicos. En este periodo se estableció en el CIQA un Programa de Plásticos en la Agricultura, que ubicó al CIQA como pionero en el país, en el desarrollo de técnicas y materiales plásticos para su aplicación en cultivos agrícolas.

Al tiempo que el CIQA reorientaba sus esfuerzos hacia la vinculación con la industria, hacia mediados de los años 80 del siglo pasado, el Centro decidió concentrar su área de trabajo y enfocarse principalmente hacia la tecnología de polímeros y especialidades químicas relacionadas.

Los proyectos de investigación, desarrollo e innovación actuales se basan en necesidades detectadas en la industria. Esto ha permitido ofrecer en el mediano plazo, desarrollos tecnológicos de alto valor agregado, y además ha hecho posible mantener un ritmo creciente de generación de conocimientos que se traducen en patentes, publicaciones científicas y formación de recursos humanos.

Dentro de la tecnología de polímeros, una de las áreas de mayor interés fue la de formular materiales compuestos, donde los polímeros actúan como matrices, las cuales son reforzadas con micropartículas de origen metálico, cerámico y de carbón. Así, de manera natural, con la disponibilidad de nanopartículas de estos tres tipos de materiales se formularon los primeros nanocompuestos poliméricos en el CIQA a finales de la última década del siglo XX e inicios de la primera del XXI. Aunado a esto, se investigaba la síntesis de nuevos materiales, lo cual sirvió como base para la creación del Departamento de Materiales Avanzados y el Laboratorio Central, en 2005. Posteriormente, gracias al auge de la investigación en grafenos y nanopartículas de carbono, se creó en 2014 el Laboratorio Nacional de Materiales Gráficos (LNMG).

IMAGEN 2. Edificio del Departamento de Materiales Avanzados.



## Una visión directiva

El CIQA nace como Centro Científico en 1976, sin instalaciones propias, y en 1984, se le clasifica como Centro Tecnológico, como tal, sus esfuerzos debieron enfocarse hacia la industria. En 1995, nuevamente da el giro hacia el ámbito científico, con lo que uno de los objetivos fue incrementar el currículo de los investigadores, lo cual motivo a que en la década de los 90, un buen número de éstos realizara sus estudios de doctorado en el extranjero; principalmente Inglaterra y Francia, en prestigiosas universidades como Sheffield, Manchester, Loughborough, Estrasburgo, entre otras. Una vez concluidos sus estudios regresaron al país para fortalecer al CIQA. Lo anterior dio lugar a que en esta misma década surgieran los primeros programas de posgrado, atrayendo a nuevas generaciones de futuros investigadores.

*Fortalecimiento de recursos humanos.* Durante la administración del Dr. Luis Francisco Ramos de Valle, se inicia formalmente en 1995 la maestría en química aplicada, la cual posteriormente derivó en la maestría y doctorado en tecnología de polímeros. Con el afán de diferenciarse de otros programas de doctorado existentes en ese momento, se propuso la opción de ofrecer temas de tesis de posgrado de vanguardia que no se ofrecían en ningún otro programa similar, así, de manera natural, se ubicaron en el área emergente en ese entonces de la nanotecnología.

*Fortalecimiento de infraestructura.* Posteriormente, durante la administración del Dr. Juan Méndez Nonell se hizo énfasis en la adecuación de las instalaciones, así como en la reorganización del CIQA, culminando con la

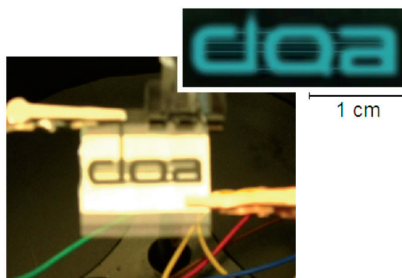
creación del Departamento de Materiales Avanzados. Además, hubo un fuerte impulso para apuntalar la infraestructura existente adquiriendo equipo de vanguardia para la investigación, desarrollo e innovación en materiales avanzados y nanotecnología; se consolidó el área de caracterización microscópica con la adquisición de equipos como microscopio electrónico de transmisión (TEM), microscopio de tunelamiento (STM), microscopio de fuerza atómica (AFM), microscopio ambiental de doble haz (*dual beam microscope*), así como microtomos. Asimismo se adquirió un equipo de dispersión y difracción de rayos-X (SWAXS) el cual es complementario a las técnicas de caracterización microscópica en la escala nanométrica.

*Aplicaciones.* Actualmente, bajo la dirección del Dr. Oliverio Santiago Rodríguez Fernández y como parte del Plan Estratégico 2013-2018 se cuenta como misión objetivo realizar actividades de investigación, docencia y servicios tecnológicos en el área de química, polímeros, nanomateriales y disciplinas afines para contribuir al progreso del sector industrial, educativo y social, mediante la creación y transferencia de conocimiento científico y tecnológico, y la formación de capital humano especializado. Mientras que parte de la visión es ser líder nacional en el área de polímeros y nanomateriales, con reconocimiento internacional en investigación, desarrollo tecnológico, innovación y formación de capital humano. Por lo que, dentro de las metas y objetivos para 2018 se tiene el ubicar al CIQA como Centro Tecnológico consolidado en áreas de investigación de vanguardia, prioritariamente nanotecnología y química sostenible, con grupos de investigación en biotecnología. Esto necesariamente se traduce en la aplicación del conocimiento científico y tecnológico en nanociencia y nanotecnología generado en los últimos años para contribuir a la solución de los retos actuales en sectores como salud, energía, agrícola y automotriz, entre otros. Ante la diversidad de sectores a atender, el CIQA está evaluando la posibilidad de abrir nuevas unidades en diferentes regiones del país para atender más cerca la demandas regionales. Por ejemplo, nanotecnología en Nuevo León, sector hidrocarburos en Campeche, sector energía en Tamaulipas y sector salud en el noroeste del país.

## NyN en el CIQA

El CIQA cuenta con aproximadamente 60 investigadores titulares y esta organizado en departamentos y laboratorios. Dentro de los departamentos de Síntesis de Polímeros, Procesos de Polimerización, Procesos de Transformación de Plásticos y Materiales Avanzados se cuenta con laboratorios especializados para la preparación de nanoestructuras y nanocompuestos. En el Laboratorio Central (LC) y en el Laboratorio Nacional de Materiales Grafénicos, así como en los mismos departamentos se cuenta con una amplia gama de equipos de caracterización de nanomateriales. El Departamento de Plásticos en la Agricultura cuenta con campos experimentales para probar la



**IMAGEN 3.** Diodo electroluminiscente fabricado en CIQA.

aplicación de nanomateriales en la producción agrícola. Las líneas de investigación, desarrollo e innovación en nanociencia y nanotecnología del CIQA pueden agruparse en: síntesis de nanopartículas, modificación superficial de nanopartículas, procesamiento de nanocompuestos de matriz polimérica, caracterización de nanoestructuras/nanomateriales y su aplicación en diferentes sectores estratégicos como son salud, energía, agrícola y automotriz, entre otros.

## Infraestructura y equipamiento

Sus departamentos cuentan con una amplia gama de laboratorios equipados con instrumental y equipos para sintetizar, modificar y procesar nanomateriales dentro de los que se cuenta con dos plantas piloto. Así como equipos para realizar la más avanzada caracterización de éstos dentro de sus laboratorios, los que cuentan con pero no se limitan a:

Espectrómetro de electrones fotoemitidos (XPS); THERMO Scientific modelo K-ALPHA XPS. Espectrómetro de masas (MALDI TOF); Bruker GT-D264-G-201. Microscopio electrónico de transmisión (TEM); Titan 80-300. Microscopio electrónico de barrido con emisión de campo (SEM); Jeol JSM-7410F. Espectrofotómetro de rayos X (XRD); Bruker D8 Advance Eco. Microscopio atómico de tunelamiento (AFM STM); Angstrom Advanced AA5000. Analizador de Redes PNL; Keysight N5234A. Espectrofotómetro UV-vis; Cintra 2020. Analizador Termogravimétrico (TGA); TA Instruments Q500. Calorímetro Diferencial de Barrido (DSC); TA Instruments Q2000. Infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR); Nicolet is5 . Espectrofotómetro; Konica Minolta CM5. Medidor de tamaño de partícula y potencial Z (Zeta-Sizer); Malvern Nano-Zs90. Micro mezclador de doble husillo (inyección, extrusión película y extrusión fibras); XPlore. Molino de bolas: atricionador, planetario, de rodillos, de alta energía. Sistemas de Ultrasonido; QSonica Q500 y Q700. Sistema de Ultrasonido industrial; Hielscher UIP 1000hdT. Mezclador de alto esfuerzo de corte; Charles Ross and Son Co HSM-100LSK. Dispersión y difracción de rayos-X (SWAXS); SAXSess mc2 de Anton Paar. Extrusores mono y doble husillo, Inyectoras, sopladoras, extru-

IMAGEN 4. Instalaciones.



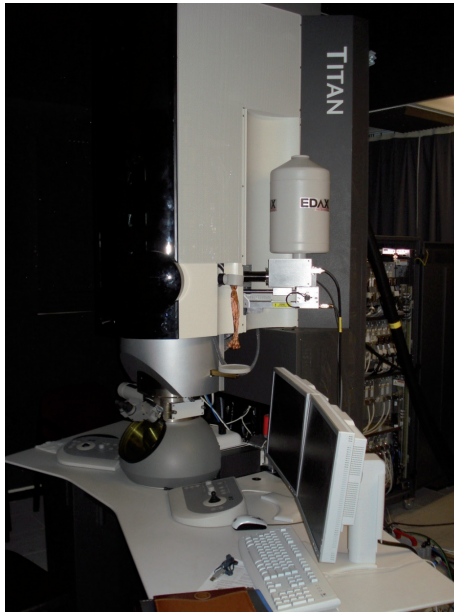
sores para película plana coextruida. En el caso de textiles se cuenta con una línea combinada de extrusión de multifilamentos bicomponente coextruidos y tela no tejida monocomponente; FET.

## Nanotecnología en números

*Proyectos científicos y vinculados.* Del 2002 al 2014 se han aprobado 27 proyectos relacionados con nanociencia y nanotecnología por medio del Fondo SEP/CONACyT de ciencia básica, de los 64 aprobados al CIQA, es decir el 42% de los proyectos están orientados hacia estas importantes áreas del conocimiento. Además, un número considerable de proyectos vinculados con la industria a través de Fondos Bilaterales de México con España, Francia e Inglaterra en Europa, así como con Brasil en el continente Americano, y a través de diversos fondos como el Programa de Estímulos a la Innovación de SE/CONACyT han sido financiados, coadyuvando con esto al fortalecimiento en la competitividad de las empresas mexicanas. También ha participado en proyectos financiados por SENER/CONACyT dentro de los Centros Mexicanos en Energía Solar (CEMIESol) y del Océano (CEMIEOceano). Finalmente, por citar un ejemplo, se participó en 3 de los 4 proyectos aprobados en la convocatoria 2009 CONACyT/CE dentro del Programa Marco 7 de la Comunidad Europea. Los proyectos en los que se participó fueron: Cuvito, Minano y Nanominning.

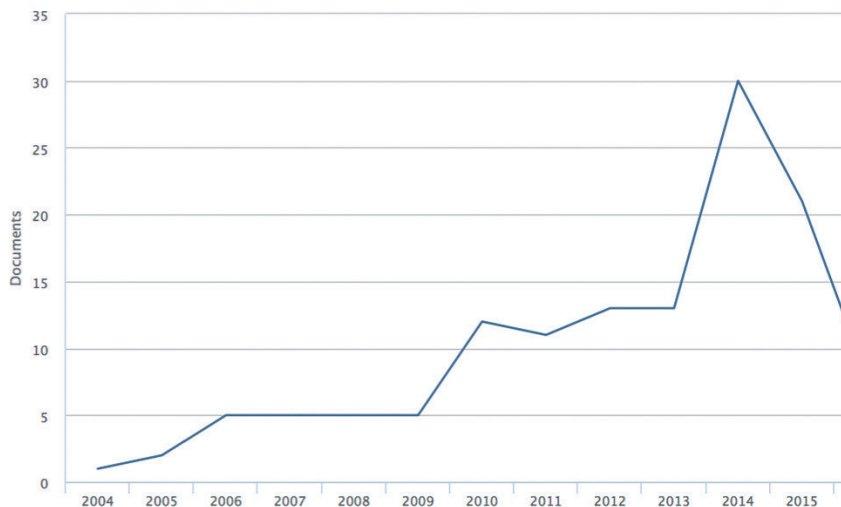
*Artículos.* En cuanto a la producción de artículo científicos indexados, del 2004 a la fecha se han publicado 131 artículos abordando temas de nanociencia y nanotecnología del total de 896 publicados. Esto es un 15% del total de publicaciones donde participa el CIQA, de acuerdo con la base de

**IMAGEN 5.** Microscopio Eléctronico de Transmisión.



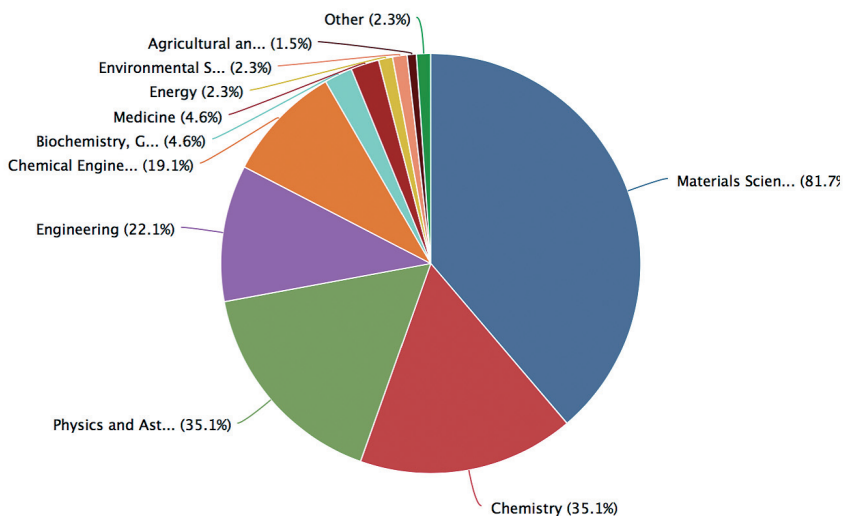
datos *Scopus*<sup>™</sup>. La tendencia es creciente en los últimos 10 años, como se puede ver en la figura 1. Los artículos han estado enfocados mayormente en el área de ciencia de los materiales, seguidos de las áreas de química, física e

**FIGURA 1.** Número de artículos científicos en nanociencia y nanotecnología publicados por el CIQA en revistas indexadas (Fuente: *Scopus*<sup>™</sup>).



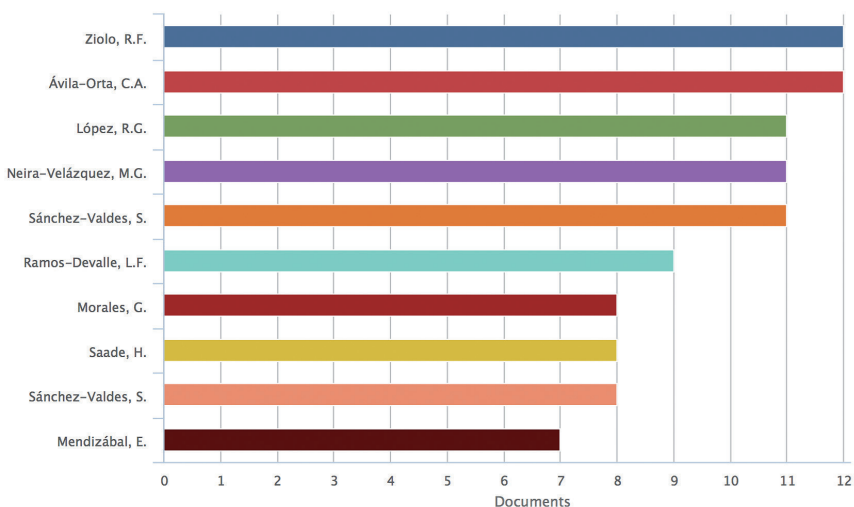


**FIGURA 2.** Áreas del conocimiento donde se han publicado artículos científicos del CIQA en nanociencia y nanotecnología en revistas indexadas (Fuente: Scopus™).

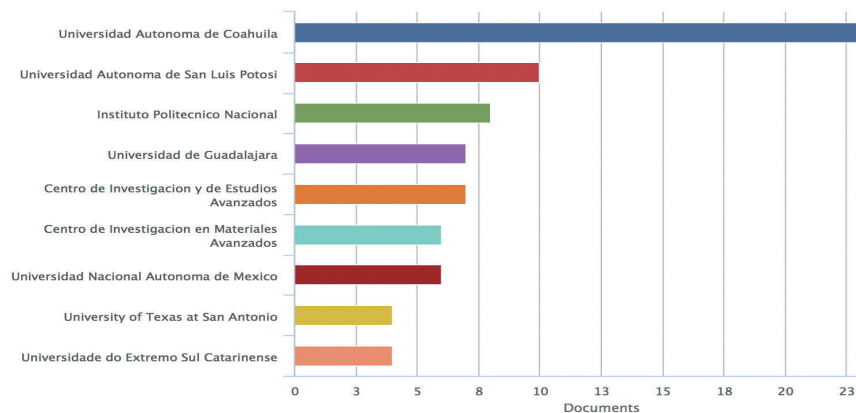


ingeniería, respectivamente (figura 2). En la figura 3 se muestran los principales autores, y, finalmente, en la figura 4, las instituciones con las que más se ha colaborado en la publicación de estos artículos, destacando la Universidad Autónoma de Coahuila y la Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

**FIGURA 3.** Principales autores en nanociencia y nanotecnología en el CIQA de artículos científicos indexados (Fuente: Scopus™).



**FIGURA 4.** Principales instituciones colaboradoras en la publicación de artículos científicos indexados en nanociencia y nanotecnología en el CIQA (Fuente: Scopus™).



*Patentes.* Del 2000 a la fecha se ha hecho la solicitud de 26 patentes en el área de la nanociencia y la nanotecnología de las 140 totales solicitadas por el CIQA, es decir el 19%. Se han otorgado 2, donde una misma patente se ha otorgado en 3 países: México, China y Japón (Patente mexicana 323756 “Proceso continuo asistido por ultrasonido de frecuencia y amplitud variable, para la preparación de nanocompuestos a base de polímeros y nanopartículas”).

*Recursos humanos.* De 2004 a 2011 se graduaron 68 estudiantes de maestría y doctorado en polímeros en temas relacionados con la nanociencia y nanotecnología de los 192 totales. Esto es un 35%. Este porcentaje se ha visto incrementado durante los últimos 5 años, se han graduado 31 estudiantes de maestría en tecnología de polímeros y 21 de doctorado en tecnología de polímeros. Ambos casos representan el 47% de los estudiantes graduados en estos programas. Por otro lado, sólo 2 estudiantes de 39 se han graduado de la maestría en agroplasticultura con temas de nanociencia y nanotecnología, del 2010 a la fecha. Finalmente, 31 de 170 estudiantes de la especialidad en química aplicada, es decir el 18%, han hecho tesis relacionadas con la nanociencia y la nanotecnología. En resumen, el CIQA ha formado a través de sus programas de posgrado en su conjunto, todos ellos dentro del padrón de excelencia de CONACyT, más de 150 estudiantes con tesis o tesis relacionadas con la nanociencia y la nanotecnología. Lo anterior sin contar las innumerables tesis de licenciatura y tesis de técnicos superiores que se realizan en colaboración con otros institutos y universidades.

## Conclusiones

El CIQA ha participado de manera integral en la investigación, desarrollo e innovación en los campos de la nanociencia y la nanotecnología; activamente

en proyectos de generación de conocimiento fundamental, así como vinculados con sectores estratégicos del país y en colaboración con otros países y continentes. Además, el conocimiento generado se ha traducido en artículos científicos y patentes, así como en la formación de un número de estudiantes graduados altamente especializados en estos campos.

Aun cuando el avance es significativo, pues con la tecnología desarrollada y por desarrollar, es posible producir nanomateriales a la medida de las necesidades de los sectores o empresas. Es necesario conocer las necesidades de cada uno de los sectores industriales, para modificar y optimizar estas tecnologías.

Finalmente, se considera la necesidad de establecer negociaciones y planes estratégicos entre los centros de investigación y las empresas, para que los desarrollos tecnológicos finalicen en la transferencia tecnológica a las empresas.