

## REPORTE TÉCNICO

### “Optimización de la funcionalidad de los equipos de microscopía electrónica”

#### Antecedentes

Históricamente, el CIQA se ha caracterizado por su orientación científica y tecnológica en polímeros. En sus inicios, las líneas de investigación estaban enfocadas hacia la investigación de recursos naturales, en particular de las plantas como guayule, gobernadora, jojoba, yuca, candelilla; en el caso de guayule como una fuente de hule natural. Con el fin de cubrir las necesidades de investigación, en ese entonces se crearon los laboratorios de Fisiología Vegetal, Procesos Bioinducidos, Modificación y Síntesis, Química Analítica, Desarrollo de Procesos y Polímeros. Posteriormente, en el año de 1984 las líneas de investigación del CIQA dieron un giro sustantivo al orientar casi todas sus actividades hacia el área de polímeros. Fue de esta manera que surgieron los departamentos de Procesado de Plásticos, Aditivos para Polímeros, Fisicoquímica de Polímeros y Plásticos en la Agricultura. Posteriormente, en 1992 surgieron los Departamentos de Síntesis y Modificación de Polímeros, Ingeniería de Procesos de Polimerización, y Biopolímeros, así como la Coordinación de Servicios de Laboratorio.

Cabe mencionar que en 1995 los Programas de Posgrado de CIQA fueron creados. Finalmente, y como resultado de un ejercicio de Planeación Estratégica, en 2005 se redefinieron las líneas de investigación del CIQA quedando en el organigrama los Departamentos de Síntesis de Polímeros, Procesos de Polimerización, Tecnología de Procesos de Transformación y Procesado de Plásticos, Plásticos en la Agricultura, y Materiales Avanzados, así como las Coordinaciones de Servicios de Laboratorio, Laboratorio Central y años más tarde la de Microscopía Avanzada. Gracias a la capacidad de adaptación del CIQA a lo largo de sus más de 40 años de existencia este ha contribuido en la generación de conocimiento, recursos humanos y transferencia tecnológica hacia el sector industrial. Esto le ha permitido posicionarse como uno de los CENTROS CONACYT con mayor trayectoria en el área de polímeros, con una amplia infraestructura al servicio de toda la cadena productiva de polímeros incluida la síntesis, el procesamiento, ingeniería, y caracterización. Por muchos años, el refuerzo de polímeros con partículas micrométricas fue objeto de estudio y desarrollo destacándose como una de las principales líneas de acción. Esto ha contribuido enormemente a tener un amplio dominio en polímeros reforzados. Por lo que de manera natural se ha migrado a la preparación y caracterización de Materiales Poliméricos Nano estructurados y Materiales Avanzados. En este sentido, actualmente el CIQA cuenta con más de 15 proyectos CONACYT relacionados con este tipo de materiales siendo más de 35 investigadores los que se encuentran inmersos en estas investigaciones. Se han publicado alrededor de 150 artículos científicos en la materia en los últimos 10 años. Además se están llevando a cabo más de 30 proyectos de investigación y desarrollo mediante convenios con diferentes industrias nacionales. El CIQA cuenta con infraestructura de primer nivel para el estudio de polímeros, incluyendo la síntesis y su caracterización. Sin embargo, para llevar a cabo un estudio completo de polímeros

nanoestructurados y materiales avanzados, se requiere de equipamiento científico muy específico, que permita realizar análisis, estudiar y caracterizar los materiales desarrollados.

## **Justificación del proyecto**

En el CIQA, los materiales poliméricos nanoestructurados así como los materiales avanzados han sido objeto, durante la presente década, de intensas investigaciones fundamentales y aplicadas. Con la finalidad de lograr calidad científica y tecnológica de alto nivel en dichas investigaciones, durante este tiempo, se han contratado investigadores de reconocida trayectoria que, con los ya presentes en el CIQA, suman más de 40 investigadores dedicados al estudio de estos materiales. Además, desde el punto de vista académico, la misma industria demanda formación de recursos humanos de alto nivel en estas líneas de investigación.

Además, en los últimos años se ha adquirido equipo de caracterización de última generación como son el equipo de Resonancia Magnética Nuclear (NMR), un magnetómetro (PPMS), microscopios electrónicos (HR-TEM, FE-SEM, DualBeam), un equipo de dispersión de rayos-X en ángulos bajos (SAXS), equipos modulares compactos para mediciones reológicas (RMC), un equipo de análisis termogravimétrico y de calorimetría diferencial de barrido acoplado con cromatografía de gases-masas (TGA/DSC/MS), entre otros. Sin embargo, no obstante estos esfuerzos realizados aún existen necesidades por subsanar.

Entre éstas se pueden mencionar: (1) la caracterización química de la superficie de nanoestructuras mediante la polarización de las moléculas, espectroscopía RAMAN, (2) la determinación de estructura cristalina de elementos y compuestos, así como las fases de nanopartículas mediante difracción de rayos-X, (3) el análisis cuantitativo y cualitativo de elementos químicos para detección de metales tóxicos y no tóxicos, espectrometría de absorción atómica, (4) la caracterización química de materiales mediante el cambio en el momento bipolar, espectroscopia de infrarrojo, (5) la producción de materiales poliméricos avanzados en forma de película con múltiples capas, dado para extrusión de películas multicapa, (6) el comportamiento de ignición, pérdida de masa, productos y la velocidad de pérdida de calor durante la combustión de materiales, calorímetro de cono, (7) las mediciones de orientación de nanoestructuras y celdas unitarias en materiales poliméricos avanzados, cámara CCD para SAXS, (8) las evaluaciones del comportamiento reológico y fisicomecánico de materiales, medidor de índice de fluidez y tensilómetro, (9) las caracterización de las transiciones térmicas en materiales poliméricos mediante calorimetría diferencial de barrido. En años recientes, la demanda de investigación de Materiales Poliméricos Nanoestructurados y Materiales Avanzados, así como los vínculos de servicio y transferencia con la industria se ha incrementado notablemente.

La necesidad de desarrollar nuevos materiales obedece a la gran oportunidad de generar nuevas líneas de negocio e incrementar la competitividad de las empresas al poder ofrecer al mercado materiales innovadores. Debido a la complejidad para atender este tipo de necesidades ya que

requiere el dominio de diferentes disciplinas, buena parte de los proyectos involucran investigadores de dos o más departamentos del CIQA y, en algunos casos, prácticamente de todos los departamentos. Esto debido a que se requieren expertos en la síntesis de nuevos materiales poliméricos, síntesis de nanopartículas, la modificación química de las nanopartículas, así como su incorporación a la matriz polimérica mediante polimerización in situ o bien durante el procesamiento por mezclado en mezcladores internos o extrusores, escalamiento de procesos a nivel planta piloto, análisis del ciclo de vida, así como la caracterización, química, física, fisicoquímica, de propiedades mecánicas, eléctricas, biológicas, entre otras, toxicidad. Como puede verse, la atención de este tipo de necesidades incluye a la cadena de valor de polímeros avanzados formada por el conjunto de los diferentes departamentos de investigación y laboratorios de caracterización del CIQA.

### **Objetivo general del proyecto:**

Mejorar la funcionalidad de los equipos de microscopía para realizar más eficientemente los proyectos de investigación, Formación de Recursos humanos y prestación de servicios al sector productivo

### **Cumplimiento de objetivos y metas**

El objetivo general de este proyecto fue el de mejorar la funcionalidad de los equipos de microscopía electrónica para realizar mas eficientemente los proyectos de Investigación, Formación de Recursos Humanos y prestación de servicios al sector productivo. Implícito en este objetivo general se encuentra el de mantener en óptimas condiciones los equipos científicos.

Adicionalmente se persigue optimizar la capacidad de infraestructura para realizar investigación, validación y capacitación, por medio de la cual se formarán más recursos humanos de posgrado en Polímeros; esto permitirá desarrollar más proyectos de investigación, y más trabajos de vinculación con la industria para aumentar los recursos autogenerados por los diferentes departamentos del CIQA y cumplir así con las metas anuales.

Los logros por alcanzar en este objetivo consistieron en que los equipos de microscopía estuvieran funcionando y siendo activamente empleados en los proyectos de investigación en proceso como los aprobados por los FOMIX, Ciencia Básica y los contratados con la industria que nos permitirán generar recursos extraordinarios y propios para el cumplimiento de nuestras metas. Además, otro logro importante alcanzado es fortalecer la formación de recursos humanos a cargo de los profesores-investigadores de los diferentes laboratorios del CIQA, brindando apoyo a los estudiantes de la Maestría y Doctorado en Polímeros, y estudiantes externos que realizan en el CIQA sus tesis.

Este objetivo consistió en la utilización de los equipos para realizar los trabajos de investigación. Esta etapa también estuvo fraccionada en dos fases: (i) Utilización de los equipos en los diferentes proyectos de investigación y formación de recursos humanos (ii) generación de resultados de investigación, en términos de artículos científicos con arbitraje internacional, reportes técnicos para el sector productivo, generación de patentes, prestación de servicios de laboratorio.

Los logros alcanzados en este objetivo consistieron: (i) que los equipos se encuentren completamente funcionales y con capacidad probada para la prestación de servicios; (ii) la realización de proyectos de investigación y la utilización de la infraestructura de microscopía electrónica en dichos proyectos; y (iii) la generación de resultados correspondientes al desarrollo de proyectos en proceso y de trabajos de tesis de Doctorado, Maestría, Especialidad y Licenciatura.

Consideramos que estos logros coadyuvan al cumplimiento del objetivo general de este proyecto; ya que esto permitió, en primera instancia, que podamos desarrollar nuevos materiales y su transferencia al sector productivo y además lograremos el objetivo de formar recursos humanos de alto nivel que actualmente son muy demandados.

### **Beneficios y Resultados del proyecto:**

Los diferentes departamentos del CIQA, así como los Laboratorios Nacionales han venido desarrollando investigaciones en Polímeros y Materiales Avanzados que han generado un buen número de resultados científico-tecnológicos y de formación de recursos humanos. Con el proyecto actual se le dio impulso a los proyectos de investigación actuales y a través de la optimización de la funcionalidad de los equipos de microscopía electrónica, se incrementó la capacidad de investigación y desarrollo tecnológico para albergar una mayor cantidad de proyectos de investigación y atender a un mayor número de estudiantes.

Siendo un centro público de investigación, el CIQA se encuentra en constante intercambio científico-tecnológico con otras instituciones de educación superior y de investigación. Es en este contexto, tal y como se ha realizado a través de la historia del CIQA, el acceso a la nueva infraestructura y equipamiento, estará garantizado entre la comunidad científica, es decir, mediante proyectos interinstitucionales de investigación, de innovación y desarrollo tecnológico, así como para la formación de recursos humanos.

Como ejemplos de comunidades de investigadores con las que se tiene convenios de colaboración y de participación activa conjunta en trabajos y proyectos de investigación tenemos las siguientes: Universidad Autónoma de Coahuila y Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, COMIMSA, Instituto Tecnológico de Saltillo, CINVESTAV, a nivel local, y a nivel nacional, el IPICYT, CIMAV, CICY, CIATEQ, IIM de la UNAM, ININ, UANL, IMP, entre otros. Adicionalmente el CIQA presta servicios tecnológicos a más de 500 empresas por año, para ellos también estará disponible esta infraestructura.

Del mismo modo, para fortalecer los lazos entre la generación de conocimiento sobre Polímeros y Materiales Avanzados en el CIQA y la aplicación en la industria, la infraestructura que habremos de adquirir con este proyecto estará disponible a la industria mediante venta de proyectos, así como servicios de vinculación, y mediante el desarrollo de proyectos de innovación y desarrollo tecnológico como son las convocatorias de INNOVAPYME e INNOVATEC del mismo CONACYT. Durante los tres últimos años el CIQA ha participado activamente en más de 50 proyectos de desarrollo tecnológico con diferentes empresas de los diferentes grupos industriales nacionales como DESC, ALFA, CYDSA, XIGNUX, CARSO, VITRO, COMEX, PEÑOLES, MABE, NANOSOLUCIONES, BIMBO, PEMEX y específicamente Pemex Etileno.

### **Entregables:**

Informe técnico de diagnóstico de funcionamiento y optimización de los equipos de microscopía del Laboratorio Nacional.

### **Conclusión:**

Entre los impactos derivados del proyecto, se encuentran contar con equipos en óptimas condiciones para la realización de estudios a profundidad de nuevos materiales, muchos de los cuales son sintetizados o preparados en nuestro Centro. De los resultados obtenidos se espera un impacto importante en la calidad y profundidad de las investigaciones, así como en el contenido de los reportes y artículos científicos. Lo anterior permitirá un mejor y más rápido acceso a materiales y procesos de interés tecnológico, y por consiguiente se tendría un importante impacto en áreas tales como: materiales y manufactura, nanoelectrónica, nanomagnetismo, medicina y salud, energía, medio ambiente, biotecnología, agricultura. Es claro que este impacto se revertirá, en un futuro cercano, en beneficio para la sociedad. También se espera un impacto importante en la formación de recursos humanos de alto nivel.

Finalmente, es oportuno mencionar que la optimización de los equipos tienen un alto impacto en la mejora del nivel de vinculación con el Sector Productivo así como la mejora del nivel educativo de la población, tanto regional como nacional e internacional. Nuestros egresados son bien aceptados por el sector académico e industrial, por lo que la realización del presente proyecto tiene como resultados, en el mediano plazo, beneficios económicos tangibles que se verán reflejados en el bienestar de nuestra sociedad.

Entre los impactos derivados del proyecto, se encuentran contar con equipos en óptimas condiciones para la realización de estudios a profundidad de nuevos materiales, muchos de los cuales son sintetizados o preparados en nuestro Centro. De los resultados obtenidos se espera un impacto importante en la calidad y profundidad de las investigaciones, así como en el contenido de los reportes y artículos científicos. Lo anterior permitirá un mejor y más rápido acceso a materiales y procesos de interés tecnológico, y por consiguiente se tendría un importante impacto en áreas

tales como: materiales y manufactura, nanoelectrónica, nanomagnetismo, medicina y salud, energía, medio ambiente, biotecnología, agricultura. Es claro que este impacto se revertirá, en un futuro cercano, en beneficio para la sociedad. También se espera un impacto importante en la formación de recursos humanos de alto nivel.