



50 AÑOS

HISTORIA Y PERSPECTIVAS DE LA

INVESTIGACIÓN

EN EL TEC DE MONTERREY



Nuestro camino en la ciencia: una historia que nos une

Salvador Alva



Me da mucho gusto, en este inicio de década que promete desafíos y oportunidades extraordinarias, compartir y reflexionar junto con ustedes acerca del camino andado en pro de la investigación y el desarrollo de la ciencia en nuestra Institución.

Sabemos que, para definir las nuevas metas de cara al futuro, es imprescindible recordar el camino andado hasta ahora.

Para ello, el libro “Historia y perspectivas de la investigación en el Tec de Monterrey” tiene la misión de ser un documento histórico y testimonial de las experiencias y el impacto que ha tenido el Tec en materia de investigación científica, así como de resaltar los retos que enfrentará en el futuro, hacia la visión 2030.

Quiero extender mi felicitación a todos los profesores y alumnos del Tecnológico de Monterrey que de una u otra manera han formado parte de la historia de la investigación en nuestra Institución. Todos y todas han sumado individualmente para cumplir con nuestra misión, que, desde sus inicios, se ha comprometido con la investigación para transformar la vida de las personas.

Una de las estrategias del Tec, plasmada en su Plan Estratégico 2030, es precisamente la de fomentar la investigación como fuente de oportunidades y soluciones innovadoras a los retos del planeta. El Plan Estratégico 2030 del Tecnológico de Monterrey plantea una nueva etapa de transformación, retomando la esencia de nuestra Institución y enfocándonos en un futuro más humano, innovador y centrado en el bienestar de la comunidad. Por ello quiero exhortar a seguir construyendo esta historia día con día, para que la ciencia y la generación de conocimiento esté alineada al beneficio de nuestra sociedad.



Hacia dónde va la ciencia del Tec de Monterrey

David Garza Salazar



Este año, tras realizar por 50 años de manera ininterrumpida el Congreso de Investigación y Desarrollo, conmemoramos el aporte de la investigación en la Institución y celebramos la investigación, la innovación y la generación de conocimiento en beneficio de nuestro país y del mundo.

El Congreso de Investigación y Desarrollo ha sido la plataforma que a través de los años ha impulsado y reconocido la labor científica realizada en el Tec. Es un punto de encuentro para compartir, sumar, inspirar y dar visibilidad a los proyectos científicos y tecnológicos más importantes de la Institución.

Hoy nuestro compromiso con la investigación y el desarrollo está más presente y vigente que nunca. Hoy, como hace 50 años, el Tec de Monterrey sigue comprometido, pues a través de sus proyectos científicos y tecnológicos ha demostrado que el desarrollo de la investigación permite dar respuesta a los retos y problemáticas específicas e imperantes de nuestro país.



CONTENIDO

Mensajes

- 03** Nuestro camino en la ciencia: una historia que nos une, Salvador Alva
- 05** Hacia dónde va la ciencia del Tec de Monterrey, David Garza

Evolución de la Investigación en el Tec de Monterrey

- 10** Surge la investigación como apoyo al posgrado
- 13** El panorama de la ciencia en el Tec de Monterrey
- 16** Vinculación e innovación en pro de la investigación
- 19** La estrategia que impulsó la investigación
- 22** Hacia dónde va la investigación

La investigación a través de los Grupos de Investigación de Enfoque Estratégico

25

Escuela de Arquitectura, Arte y Diseño

27 Desarrollo Territorial Sostenible

Escuela de Ciencias Sociales y Gobierno

32 Escuela de Ciencias Sociales y Gobierno

Escuela de Humanidades y Educación

38 Comunicación, Discurso y Cultura
42 Ética y Florecimiento Humano
46 Investigación en Innovación Educativa

Escuela de Ingeniería y Ciencias

- 51** Ciencia y Tecnología del Agua
- 55** Fotónica y Sistemas Cuánticos
- 59** Innovación de Productos
- 63** Modelos de Aprendizaje Computacional
- 67** Nanomateriales
- 70** Nutriomics, Tecnologías Emergentes y Nutrición Molecular
- 74** Omics Traslacional
- 77** Optimización y Ciencia de Datos
- 80** Sistemas Inteligentes
- 84** Telecomunicaciones para la Transformación Digital

Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud

- 89** Biociencias Aplicadas para la Salud
- 92** Bioinformática para el Diagnóstico Clínico
- 95** Bioingeniería y Medicina Regenerativa
- 98** Fisiopatología de Enfermedades Metabólicas y Emergentes
- 102** Genética Humana
- 104** Investigación en Cáncer
- 107** Medicina Cardiovascular y Metabólica
- 110** Terapias Innovadoras en Ciencias Visuales

Escuela de Negocios

- 114** Business Analytics
- 117** Consumer Behavior and Conscious Marketing
- 121** Emprendimiento e Innovación
- 125** Estrategia y Administración de Organizaciones en Economías Emergentes
- 127** Retail

Evolución de la Investigación en el Tec de Monterrey

Testimonios de directivos de investigación

Surge la investigación como apoyo al posgrado

Fernando Jaimes Pastrana, 1977-1984 y 1985-1999



Cuando fui estudiante del Instituto, desde la preparatoria en 1957 hasta mi graduación como ingeniero en 1964, no se escuchaba hablar de investigación propiamente, ni en las clases, ni en el ambiente. Los que mencionaban algunos proyectos

de investigación en su escuela eran los estudiantes de agronomía, ya que, en el año 1960, se abrió la escuela de graduados de agricultura.

Se formaron algunas entidades orientadas al desarrollo de especialistas e investigadores entre los que se encuentran: El Programa de Graduados en Ingeniería (1962), La Escuela de Ciencias Marinas y Tecnologías de Alimentos (1966), el Centro Subtropical de Investigaciones Pecuarias (1970). Así como iniciativas individuales de proyectos como los del Dr. Xorge Alejandro Domínguez en Ciencias Químicas y la casa solar del Dr. José Ángel Manríquez, un proyecto en el área de ciencias térmicas, fluidos y control.

La restricción más importante para el avance de la investigación era su financiamiento, ya que debería contar con recursos externos diferentes a las colegiaturas.

En 1970 apareció en la estructura organizacional del Instituto como una responsabilidad de la Vicerrectoría de Enseñanza Profesional y de Graduados, el área de posgrado. A partir de ese momento, se mencionaba en los documentos la posibilidad de que existieran directores asociados de graduados así como coordinadores de investigación y de extensión.

En la misión de 1970 se establece la investigación como apoyo a los programas de posgrado. El desarrollo de los programas de graduados y por consecuencia el avance de la investigación, fueron elementos fundamentales para posicionar al Instituto como formador de especialistas en diversas áreas del conocimiento. Para 1975 ya se impartían 13 programas de maestría y un doctorado. Entre 1970 y 1984 empezaron a regresar al Instituto los profesores que habían sido seleccionados para realizar doctorados en el extranjero, quienes tenían el compromiso de incrementar la calidad académica a través de proyectos de investigación.

Para establecer las líneas de investigación y comenzar a realizar proyectos se requerían de mayores capacidades de cómputo de las que estaban disponibles en ese momento. Este requerimiento, más el aumento cada vez más extensivo del uso de la computadora en los programas de profesional, llevó a un crecimiento acelerado de las capacidades computacionales del Instituto, tanto en la computadora central como en el surgimiento de las minicomputadoras, computadoras de procesos y a fines de los 70, de las microcomputadoras, así como, a principios de los 80, el Centro Electrónico de Cálculo había logrado la contratación de pequeños proyectos de desarrollo de hardware y software que gestaron la creación del Centro de Electrónica y Comunicaciones, CET, y el Centro de Investigación en Informática, CII.

En 1981 el Gobierno Federal, inicia la formulación del Programa de manufactura de equipo de cómputo. Las grandes empresas de computación como la IBM, HP, UNYSIS y otras empresas como la Apple, que destacaba ya para tener una presencia importante desde la arquitectura de las microcomputadoras y redes, negociaron con el gobierno las condiciones de importación de computadoras sujeto a propuestas de manufactura de equipo de cómputo. El Instituto participó en estas

negociaciones y fue parte de quienes impulsaron el Factor T de Tecnología como un multiplicador en beneficio de las empresas de cómputo que contratarían a las universidades para proyectos de investigación y desarrollo.

En 1983 se diseñó el Plan de Investigación en Informática para apoyar los programas nacionales de manufactura de equipo de cómputo electrónico y equipos periféricos. También se formalizó el concepto de Centros de Investigación y Desarrollo con el CET y el CII Centro de Investigación en Informática, para ejecutar dicho plan e impulsar la investigación y el desarrollo en el Tec de Monterrey vinculadas a los programas de posgrado.

La conjunción de la existencia de los centros CET y CII con el Programa de Manufactura de Equipo Cómputo, PMEC, del gobierno permitió formular programas y proyectos de investigación y desarrollo para las empresas de cómputo. La magnitud de estos proyectos fue el detonador para la formulación y financiamiento del Programa de Tecnología Avanzada para la Producción y eventualmente a la construcción del CETEC que albergaría a los primeros centros de investigación y desarrollo.

Institucionalización 1985 – 1997

La Misión del Sistema Tec en 1985 era “Formar profesionales y posgraduados con niveles de excelencia en el campo de su especialidad”. Para realizar su misión fundamental el Sistema Tec se dedicó a la investigación como apoyo a los programas de posgrado y para el logro del nivel de excelencia y calidad buscado, adoptó la filosofía del mejoramiento continuo.

En ese mismo año, se inició la rectoría del Dr. Rafael Rangel Sostmann, a quien se le propuso crear en el Campus Monterrey, la División de Graduados e Investigación, DGI, la cual se estructuró con Programas de Posgrado y Centros de Investigación con la finalidad de cumplir con la nueva Misión al establecer el compromiso institucional con la investigación y el desarrollo como una componente fundamental de los programas de graduados.

La misión primaria de la DGI fue el fortalecimiento del posgrado mediante la investigación, esta estructura enfocó los esfuerzos

institucionales y minimizó el riesgo de que dichos programas fueran absorbidos por la fuerte concentración en los estudios de profesional y la gran dificultad de encontrar mecanismos de financiamiento para la investigación y el posgrado.

Para fortalecer estos esfuerzos institucionales, en 1988 se inauguró el edificio del Centro de Tecnología Avanzada para la Producción, CETEC, constituido por los siguientes centros: Centro de Investigación en Informática, Centro de Sistemas de Manufactura, Centro de Inteligencia Artificial, Centro de Electrónica y Telecomunicaciones, Centro de Biotecnología, Centro de Óptica, Centro de Calidad y Centro de Competitividad Internacional.

En la Conferencia del Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas, llevada a cabo en Río de Janeiro, en 1992, se generalizó el concepto de Desarrollo Sostenible acuñado por la Comisión Bruntland de 1987. Este concepto integra desarrollo económico, equidad social y protección ambiental para dar calidad de vida a las generaciones presentes y futuras. La integración de esta visión ha permitido al Tec de Monterrey identificar tres áreas de trabajo: estrategia, medio ambiente y tecnología. El Centro de Calidad Ambiental, CCA, se creó en 1992 para promover la Iniciativa del Desarrollo Sostenible. Sus actividades incluían tanto los recursos naturales, como el ámbito industrial y urbano. El Centro Interamericano para el Desarrollo Sostenible, CIDS, se creó en coordinación con el Consejo Latinoamericano para el Desarrollo Sostenible. Los temas centrales fueron ecoeficiencia, cambio climático y educación. El curso de Liderazgo para el Desarrollo Sostenible se diseñó como un mecanismo para integrar estos importantes temas en sus planes de estudio. Se incorporó en todos los programas de posgrado como un curso obligatorio para graduarse.

En septiembre de 1993 se inauguró el Centro para el Desarrollo Sostenible, CEDES, para albergar además de los centros de investigación arriba mencionados: CCA y CIDS, el Centro de Biotecnología, CB y el Centro de Estudios Estratégicos, CEE.

Los centros de investigación como unidades académicas tenían la responsabilidad de realizar investigación y vincularla a los programas de posgrado, esto implicaba un

cambio en la política oficial de carga académica de los profesores, que, hasta enero de 1985, era 100% docente y solamente por excepción se autorizaba tiempo del profesor para realizar actividades diferentes a la enseñanza. La consecuencia lógica fue incorporar la investigación y desarrollo a las políticas de carga académica, no sólo permitiéndola, sino incluyendo una proporción obligatoria del tiempo del profesor adscrito a los centros de investigación.

Los centros de investigación eran responsables de gestionar los recursos para llevar a cabo dichas actividades, su gestión, así como el reclutamiento de los profesores con el perfil idóneo fue uno de los mayores retos de esta ambiciosa propuesta de transformación del Tec de Monterrey de ser una institución de enseñanza a una de enseñanza e investigación.

Para lograrlo fue importante reconocer en la carrera académica del Profesor de Profesional y Graduados, la avenida de investigación como en una de las tres actividades posibles en su desempeño como profesor.

Para 1995 la nueva Misión del Tec de Monterrey incluyó: hacer investigación y extensión relevantes para el desarrollo sostenible del país. Las actividades de investigación y extensión se integraron explícitamente en la Misión en contraste con su rol anterior en el cual estaban subordinadas a los estudios de posgrado. El resultado fue un incremento en estas actividades; medido cuantitativamente, pasaron del 2% del ingreso de las actividades de enseñanza en 1985 al 20% en 1996.

Los datos anteriores demuestran que se cumplió el objetivo de institucionalizar las actividades de investigación y de posgrado así como que también se logró una masa crítica de las mismas. Este fue el momento de redefinir la estructura organizacional para un mayor y más efectivo impacto en la calidad de la enseñanza en profesional pero también para ampliar la participación de todas las divisiones académicas del Campus Monterrey.

A partir de agosto de 1997 los centros de investigación y los programas de graduados se incorporaron a la división académica afín a sus áreas de conocimiento y disciplina de trabajo. Se creó una Dirección de Investi-

gación del Campus Monterrey, con dependencia directa del Rector para coordinar y normar las actividades de investigación de todas las divisiones académicas del Campus Monterrey.

La tradición de publicar en revistas de importancia internacional en ese entonces era limitada por lo que se decidió impulsar los eventos internos, partiendo de la Reunión de Intercambio en Experiencias en Educación que se llevaban a cabo en los años 70 y extendiendo su alcance al Intercambio de Experiencias en Educación e Investigación, que debería celebrarse anualmente.

A medida que se fueron incorporando a la Institución profesores con doctorado y experiencia en investigación, se permitió transitar esta iniciativa hacia un Congreso de Investigación y Extensión. Se evolucionó así, de Reuniones de Experiencias a Reuniones de Investigación, de Investigación y Desarrollo, a Congresos, y así sucesivamente hasta la fecha.

El panorama de la ciencia en el Tec de Monterrey

Jesús Eugenio García Gardea, 1999–2001



Cuando presidí por primera vez el Congreso de Investigación del Tec de Monterrey, el panorama de la ciencia en el país era cambiante, era el año en que se entraba al nuevo milenio y el entorno económico era muy incierto. El país

luchaba por un cambio de la hegemonía de un partido político y por entrar en la Globalización.

Seis años antes se había firmado el Tratado de Libre Comercio, TLC, entre México, Estados Unidos y Canadá, por lo que había un desarrollo notable de la Industria de la Manufactura. No obstante, según especialistas, México había firmado el tratado sin haberse preparado lo suficiente para enfrentar la competitividad de la industria global en la gran mayoría de sus sectores productivos, además de que no contaba con la suficiente infraestructura industrial, comercial, ni de transporte para hacerle competencia a países más desarrollados, y sobre todo, teniendo una gran debilidad estructural al no poder contar con un gobierno eficaz para desarrollar programas de desarrollo económico endógenos, en particular aquellos basados en innovación y desarrollo tecnológico. Esto se puede apreciar claramente en los reportes de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, OECD, y del Foro Económico Mundial, WEF, donde sobresale la debilidad del pilar de ciencia y tecnología.

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Conacyt cumplía ya treinta años de existir y contaba con un presupuesto importante ligado al PIB del país. En ese entonces México era la economía número quince del mundo; pero solamente un 0.4% del PIB se gastaba

en Ciencia y Tecnología y el presupuesto conformado en un 60% de impuestos y un 40% de la iniciativa privada, estaba orientado a la formación de recursos humanos en las universidades públicas. La parte de tecnología no contaba con una estrategia clara ni a mediano ni a largo plazo, y carecía de un presupuesto acorde a las necesidades más apremiantes. Aun así el país tenía ventajas competitivas importantes que le otorgaban una imagen atractiva para atraer abundante inversión extranjera.

México se encontraba en una encrucijada histórica: cambio de milenio, cambio de régimen y apertura comercial sin precedentes en el mundo. Hubo regiones en el país que por su posición geográfica y logística despegaron notablemente, como Coahuila, Chihuahua, Sonora y Baja California, logrando posicionarse como maquiladores y exportadores de automóviles y televisores, entre otros. Las principales inversiones venían de EUA, Japón, Alemania, España, por lo que México se tuvo que adaptar a los procesos de sus diversas industrias y culturas de origen. Como consecuencia teníamos regiones y sectores industriales con cierto crecimiento y prosperidad, y otras que habían sufrido un gran deterioro económico por su incapacidad de adaptarse.

Los retos a los que se enfrentaba el Tec de Monterrey en ese tiempo estaban vinculados hacia un esfuerzo histórico de pasar de ser una institución académica orientada solo a la docencia, a una que además tuviera una visión de investigación y extensión.

Para apoyar al país y tratar de impulsar una economía sostenible se necesitaba apoyar en la preparación de "agentes de cambio", siendo los alumnos con posgrado los idóneos, así como hacer investigación relevante y ofrecer tanto consultoría como educación continua de calidad en ciertas áreas estratégicas para tener mayor producción cientí-

fica y capacidad para solucionar problemas en lo social, empresarial y gubernamental.

Para lograrlo, en la última década se habían contratado y repatriado a docenas de doctores con un perfil acorde, se creó una división de Graduados e Investigación, se invirtió en infraestructura al construir el Centro de Tecnología Avanzada para la Producción, CETEC, se fundó más de una docena de centros de Investigación acordes a las oportunidades en el país y a las fortalezas de la Institución, se fortalecieron los posgrados con becas a estudiantes de excelencia y su correspondiente "claustró" académico, todo ello alineado a las áreas estratégicas, y finalmente, se convirtió a la Reunión de Intercambio de Experiencias de Investigación y Extensión en un Congreso de Investigación formal.

Después de diez años de invertir en esta importante estrategia, había resultados notables, investigadores consolidados en sus líneas de investigación, también gracias a las buenas gestiones y convenios con el Conacyt, había un buen número de posgrados en su padrón de calidad, buen número de egresados, algunos centros de investigación con reconocimiento nacional e internacional.

Por otro lado, al concluir el primer ciclo de diez años de esta estrategia ya existían algunos temas por atender; una mejor cooperación tanto nacional como local entre los diferentes investigadores y una preocupación por la sostenibilidad financiera del esfuerzo, particularmente la del tiempo del profesor de la parte dedicada a la investigación. Por otro lado, había una tendencia a la baja en la participación de los investigadores en el Congreso de Investigación.

El Campus Monterrey tomó la decisión de atender las preocupaciones anteriores, diluyendo la División de Graduados e Investigación e integrando a los diferentes centros, investigadores y programas a las diferentes divisiones académicas para fortalecerlas y lograr una mejor integración y consolidación financiera.

Durante mi gestión como Director de Investigación y Extensión coordiné un comité de divisiones de investigación. Se me asignó como responsabilidad el crecimiento de la participación de investigadores en el Congreso de Investigación, el cumplir los com-

promisos adquiridos al obtener fondos del Conacyt, el impulso al crecimiento de la extensión con calidad, y al equilibrio financiero de los centros de investigación, así como a la expansión del Campus Monterrey en sedes virtuales.

Para impulsar la investigación habría que atender distintas vertientes, siendo a mi parecer dos muy importantes: que los posgrados tuvieran más alumnado de calidad, para lo que se deberían continuar los esfuerzos que el Campus había hecho en el crecimiento de los programas de posgrado con calidad de acuerdo al Conacyt, y contar con mayores recursos para la investigación a través de la Extensión.

La gestión de la dirección de Investigación y Extensión trabajó tomando en cuenta la planeación del Tec de Monterrey, atendiendo el tema de la insuficiencia de recursos externos para apoyar a los investigadores y lograr los objetivos estratégicos relacionados. Debido a que en la Institución se contaba con fondos comprometidos del Conacyt para apoyo al posgrado, el modelo de financiamiento con recursos propios tuvo una reducción significativa, por lo que se tuvieron que hacer diagnósticos y acciones estratégicas para que el Campus tuviera mayores recursos, identificando así un posible modelo virtuoso al hacer una sinergia entre la investigación, la consultoría y la extensión.

Considerando las fortalezas del Tec de Monterrey de acuerdo al entorno de cambio y a la necesidad de competir globalmente, se identificó a la consultoría y extensión a nivel nacional como una oportunidad importante.

Ante ello se organizó un comité nacional que estableció normas de calidad para los cursos, políticas de precios y gastos, aspectos de regionalización geográfica y áreas de conocimiento, identificando tanto cursos como profesores que fueran modelo a seguir. Estos esfuerzos fueron la base para que se iniciara un proceso más coordinado a nivel nacional, y sembró la semilla para que la extensión creciera, fuera rentable y cumpliera su misión de apoyar la investigación. El día de hoy el Campus Monterrey ha crecido más de cinco veces en ese rubro.

Con la creación de la Universidad Virtual se abrió la oportunidad para cubrir más regio-

nes y bajar costos, por lo que nos abocamos a construir tres sedes foráneas del Campus Monterrey: CINTERMEX, Mexicali y Tijuana, siguiendo un paradigma diferente en cuanto al diseño y ubicación de las sedes, logrando ser reconocidas como las de mayor crecimiento y rentabilidad del Tec de Monterrey.

Todavía hacía falta innovar en la vinculación empresarial con mayor valor agregado, es decir que los proyectos de los alumnos y profesores tuvieran un perfil mayor de investigación, por lo que se tuvo la oportunidad de contactar a la empresa de clase mundial General Electric, y establecer contacto con el Dr. Barham Keramati, de la división de Investigación y Desarrollo, y responsable de apoyar la competitividad de sus diferentes divisiones en el mundo. Así, y después de intensas negociaciones, requerimientos y especificación de infraestructura y confidencialidad, se inauguró el primer centro de investigación de GE en México, ubicado en las premisas del Campus, y se incorporaron a él una docena de estudiantes de posgrado seleccionados directamente por ellos. Esta iniciativa funcionó excelentemente y en tan solo tres meses ya era sustentable por el volumen de trabajo. Sin embargo, al cambiar el CEO de GE, también hubo una visión distinta en la estrategia corporativa y el centro fue cerrado. Aun así, esta experiencia estableció varios precedentes, como la calidad de nuestros egresados de posgrado, lo que convirtió al proyecto en el precursor de los parques de investigación e innovación tecnológica.

Otro de los logros importantes fue la reingeniería del Congreso de Investigación. Entre los cambios más importantes estuvo el reformar las mesas de trabajo para que no fueran con base en los trabajos recibidos, sino que se determinarían temas con enfoques y se nombrarían coordinadores promotores para cada tema, así como la invitación a la comunidad empresarial a asistir y aprovechar este evento como mecanismo de vinculación. La estrategia fue exitosa porque se logró incrementar significativamente la participación, aunado a que GE R&D nos apoyó con la presencia del premio nobel Mario Molina como conferencista.

Desde que fui Director de Investigación y Extensión los cambios han sido constantes y significativos, los logros en materia de investigación son notables, hay más investigado-

res consolidados, más posgrados de calidad internacional, y programas de doctorado con métricas de evaluación y posicionamiento más rigurosas.

La visión a futuro para lograr posicionarse mejor se logrará si el pilar de investigación se fortalece aún más. El haberse posicionado como líderes en patentamiento es también un logro significativo para lograrlo.

El desarrollo científico es una de las tareas más difíciles de una universidad ya que su éxito depende del talento, la infraestructura y el financiamiento con el que se cuenta.

El reto del Tec y de México es lograr una política pública adecuada a las necesidades del país y al incremento de la productividad científica y tecnológica, que aún es muy baja, y a la creación de programas más fuertes para atracción de talento científico nacional e internacional. Cada país y universidad tiene un modelo diferente para organizarse y trabajar, es claro que los países emergentes han tenido la necesidad de enfocarse e invertir fuertemente en la formación de recursos humanos y en la atracción de talento internacional. El Tec ha hecho muy bien su trabajo y los resultados están a la vista.

El panorama, aunque parezca retador, inició por el camino correcto. La investigación ha fortalecido a la Institución y debe continuar así. Creo que el Tec puede aprender de la experiencia de países como Israel, Corea del Sur o Singapur, en donde hay universidades de gran prestigio en entornos sociales complejos, y que han creado planes a largo plazo con inversiones estratégicas, y "ecosistemas de Innovación" capaces de convertir el conocimiento en riqueza con éxito, que es uno de los principales objetivos a conseguir.

Vinculación e innovación en pro de la investigación

Jaime Bonilla Ríos, 2001–2002



Estábamos en la primera década del siglo 21 y el asumir la responsabilidad de Director de Investigación y Extensión era realmente emocionante. Había mucho por innovar en las nuevas responsabilidades adquiridas. La vinculación con las

empresas a través de la venta de educación continua y consultoría, como medio para atraer recursos para impulsar la investigación; daría lugar a la formación de Cátedras Empresariales y finalmente a las Cátedras de Investigación. Esto lo convertía en un ciclo virtuoso que podría alimentar el contenido de los congresos de investigación.

Al aceptar la Dirección de Investigación y Extensión, en mi entrevista con el Dr. Alberto Bustani en mayo de 2001, no se mencionó que debería liderar la organización del Congreso de Investigación hasta que una mañana fui citado al piso 8 de la Torre Norte del CETEC a una reunión con un grupo de profesores y el Dr. Fernando Jaimes. El motivo de la reunión no se comentó en la invitación, así que fue una sorpresa cuando Fernando me dijo que el motivo era pasarme la estafeta de la presidencia del Congreso y presentarme a los colegas que apoyaban en la organización. Estaba muy emocionado por esta nueva responsabilidad y por la confianza que la institución depositaba en mí para liderar la organización de un evento tan importante. Después de que los colegas se presentaran y que mencionara algunos aspectos de mi trayectoria, me pidió que dirigiera algunas palabras a mis colegas. Enseguida la primera pregunta que se me hizo fue, ¿Qué harías diferente para el siguiente Congreso?

Había participado en los congresos anteriores, así que mi respuesta fue que además de impulsar la participación de más investigadores, deberíamos buscar el intercambio de experiencias en la forma de hacer consultoría en las empresas y a llevar a cabo acciones que estimularan la participación de todas las áreas académicas de la institución. La declaración se extendió entre los colegas de los diferentes Campus y en el Congreso XXXII tuvimos una mayor participación de extensionistas y una mejor representación de las disciplinas académicas que conformaban el Tec en ese momento. Sin embargo, la participación de Campus medianos y pequeños era prácticamente nula.

Las reuniones de trabajo se llevaron a cabo durante el verano de 2001 y para septiembre se vivía con mucho entusiasmo el avance de la democracia en México pues por primera vez en 70 años se tenía un presidente de otro partido. Las expectativas de crecimiento económico eran muy altas y en el tema de investigación se vislumbraban posibilidades de avance en ese rubro, el Conacyt tenía un director formado en empresas privadas, Jaime Parada. Dentro de este contexto es imposible no citar los hechos del IIS en Estados Unidos que con ello recibió un duro golpe y la economía de nuestro vecino entró en recesión arrastrando a la de México que pasó de un PIB del 6.9% en el año 2 mil a un PIB de -0.2% en el 2001, 0.8% en el 2002 y 1.4% en el 2003. Esas fueron las circunstancias económicas en los años en que tuve el honor de presidir el Congreso de Investigación y Extensión. Afortunadamente nuestro activo más importante, nuestros profesores, junto con el comité organizador en pleno supimos sortear las vicisitudes y aprovechamos nuestro compromiso y profesionalismo para llevar a cabo en forma exitosa los congresos durante esos aciagos años. Años en los cuales, a pesar de la situación económica se crearon algunas Cátedras Empresariales y finalmente tuve la oportunidad de entregar un borra-

dor de Cátedras de Investigación al Rector del Campus Dr. Alberto Bustani para luego pasar la estafeta a nuestro querido amigo el Dr. Francisco Cantú, quien las llevó a su máximo desarrollo y las impulsó a través de su perseverancia y enfoque, hasta lograr en el año 2010; que sus resultados pusieran a nuestra institución en los rankings internacionales de investigación en la posición 387.

A continuación, hago una breve narración de nuestras experiencias al organizar y realizar los Congresos de Investigación y Extensión XXXII, XXXIII y XXXIV y brindaré los nombres de las personas que formaron parte de cada Comité organizador.

En el Congreso XXXII hubo por primera vez temas de educación a distancia, innovación y mecatrónica. Esta última coincidió con el inicio de la carrera de Ingeniería Mecatrónica en el Tec y en Latinoamérica. Una vez terminado el Congreso, tuvimos una reunión en la Sede Cintermex, en donde evaluamos los resultados y se observó que teníamos que seguir impulsando la participación de experiencias de consultoría, pero lo más notorio fue que el gran sesgo que había existido hacia las áreas ingeniería, tecnología y ciencias, se había logrado cambiar.

El número total de ponencias fue de 218 y el porcentaje de temas diferentes a ingeniería fue del 55% la participación más fuerte después de Ingeniería fue de la Escuela de Medicina. Nos decidimos a impulsar aún más la participación de las otras áreas en el siguiente congreso. Esto nos inspiró a hacer una nueva declaración: haríamos crecer la participación de las humanidades y ciencias sociales, así como del área de negocios. Por lo anterior, decidimos extender el comité organizador e incluir a profesores de las áreas de humanidades y ciencias sociales para que ayudaran a promover la participación en dichas temáticas.

También descentralizamos la toma de decisiones, e incluso el encuentro de la planeación general del Congreso XXXIII con los nuevos miembros del comité organizador tuvo lugar en el Campus Cuernavaca.

Además decidimos que para el Congreso XXXIII, el manejo de las evaluaciones de los artículos ya no sería en forma manual y en los próximos congresos sería utilizando un

sistema electrónico para la revisión y notificación del resultado a los ponentes.

Es también importante comentar que se hizo una invitación al Dr. Richard Smalley, Premio Nobel de Química 1996, por su trabajo con fullerenos, aunque desafortunadamente por motivos de salud no pudo asistir. Sin embargo en una llamada me compartió que lo lamentaba profundamente pues estaba muy interesado en saber más del Tec y del servicio social de sus estudiantes. Sin embargo, como admiraba al Tec, mostró su disposición para invitar a profesores y alumnos del Tec a su laboratorio en Rice University.

Vale la pena destacar que el Comité organizador del Congreso XXXII estuvo conformado por el Lic. José Luis Zamorano, Dra. Olivia Carrillo Gamboa, Dr. Antonio Favela Contreras, Dr. Eleazar Reyes Barraza, Dr. Jorge Ibarra Salazar, Dra. Alicia Cachón Coello, Dra. Irma Gómez Cavazos, Dr. Antonio Millán Arellano, Dr. José Arturo Tar Ortiz, Dr. Antonio Ramírez, Ing. Ricardo Ojeda de la Cruz, Dr. Luis Enrique Súcar y el Dr. Fernando Jaimes y el Dr. Jaime Bonilla Ríos.

El Congreso XXXIII se llevó a cabo en Enero de 2003 y fieles a nuestra intención logramos que además de las áreas de Ingeniería y Ciencias (Biotecnología y Tecnología de Alimentos, Calidad Ambiental, Física, Innovación, Inteligencia Artificial, Ingeniería Industrial, Mecatrónica, Estadística y Manufactura) participaran también temas tales como Competitividad y Negocios, Comunicación, Desarrollo Regional, Economía, Educación, Historia, Religión, Identidad y Política, Literatura y Artes Escénicas, Relaciones Internacionales y Medicina. El número de ponencias en esta ocasión aumentó a 333 y los porcentajes de participación de las otras disciplinas siguió creciendo de manera tal que los temas de ingeniería representaban ahora el 33% versus el 45% de la edición anterior. Esa proporción se conservaría en el siguiente congreso.

En esta ocasión nuestro orador principal con el que se abrió el Congreso fue el Dr. Ferid Murad, Premio Nobel de Medicina 1998. El Comité organizador estuvo conformado por la Dra. Olivia Carrillo Gamboa, Dr. Antonio Favela Contreras, Dr. Jorge Ibarra Salazar, Dra. Irma Gómez Cavazos, M.E. y M.C. Ricardo Ojeda de la Cruz, Dra. Blanca López de Mariscal,

Dr. Antonio Millán Arellano, Dr. José Arturo Tar Ortiz, Dr. Antonio Ramírez, Dr. Luis Enrique Súcar, Dr. Teófilo Dieck Abularach y el Dr. Jaime Bonilla Ríos.

El Comité Organizador del Congreso, XXXIV, decidió que debería ser un evento para impulsar la internacionalización de la investigación y se tuvo como invitado especial a Rice University. Además, se formuló que por primera vez hubiera encuentros estructurados de networking con mesas temáticas. Para tal efecto se dispuso de un área en donde estaban las mesas coordinadas por profesores que propusieron los temas. Los registros de las mesas se podían hacer en forma digital antes o durante el congreso y cualquier profesor interesado podían anotarse para participar en dichas sesiones. En esta ocasión el número total de ponencias fueron 298.

El conferencista de honor fue el Dr. Warren DeVries, Director de la División de Diseño, Manufactura e Ingeniería Industrial de la National Science Foundation, mientras que el conferencista invitado fue el Dr. Jay Liebowitz, Profesor Titular de la División de Graduados de Negocios y Administrador de Empresas de Johns Hopkins University.

Los profesores invitados de Rice University fueron el Dr. Enrique Barrera, Dr. Rex Maclellan, Dr. Allen Matusow, Dr. John Bryant, Dr. Marc Dudey, Dr. James Brown, Dr. Juan Cordoba, Dr. Michael Swint, Dr. Michael Wong, Dr. James Young, Dr. Richard Baraniuk y el Dr. Richard Tapia.

Las mesas de networking y sus líderes fueron las siguientes: Competitividad, Innovación, Sustentabilidad, a cargo de Susana J y Hurtado Baker; Complejidad y Caos, a cargo de la Dra. Consuelo García; Does it matter? A cargo del Ing. José Luis Figueroa; Generación de Nuevos Esquemas de Operación en los Organismos Intermedios a cargo del Lic. Rodrigo Plancarte; Ingenierías y Biotecnología en Salud a cargo del Dr. José Rafael Borbolla Escoboza; Materiales Nanocompuestos a cargo del Dr. Alexis Elías; Política Educativa a cargo de la Lic. Yolanda Heredia Escorza; Sistemas Inteligentes y Robótica a cargo del Dr. Rogelio Soto; Supply Chain Management a cargo del Dr. José Rodolfo Torres Matus; Teoría de la Organización a cargo del Dr. Omar Hernández Sotillo; Vías y Métodos para el Desarrollo de la Creatividad, Inventiva y la Inno-

vacación en los Estudiantes a cargo del Dr. Noel León Rovira; Logística a cargo del Dr. Jorge Limón Robles y también la mesa de Ingeniería Biomédica que estuvo a cargo del alumno Rubén Iza.

El comité organizador estuvo conformado por la Dra. Olivia Carrillo Gamboa, M.E. y M.C. Ricardo Ojeda de la Cruz, Dr. Antonio Favela Contreras, Dr. Omar Hernández Sotillo, Dr. Jorge Ibarra Salazar, Dr. José Rafael Borbolla Escoboza, Dr. Fernando Mata Carrasco, Dr. José Escamilla de los Santos, Dr. José Arturo Tar Ortiz, Dr. Antonio Ramírez, Dr. Joaquín Oseguera Peña, Dr. Fernando Ramos Quintana, Dr. Teófilo Dieck Abularach y por el Dr. Jaime Bonilla Ríos.

El compromiso de los colegas, tanto de los Comités Organizadores de cada Congreso como la de los responsables de cada mesa de trabajo fueron cruciales para la mejora continua y las innovaciones de este evento. Su dedicación dejó un sello que siguió inspirando a los siguientes Comités Organizadores a continuar con la evolución que ha tenido hasta este 50 aniversario. Estoy seguro que el Congreso seguirá siendo un encuentro para inspirar nuevas investigaciones y alentar a las nuevas generaciones a que su impacto se dirija a incrementar el bienestar de la sociedad.

Somos sembradores de sueños y creadores de futuro, que nos hemos beneficiado de los frutos que otros dejaron para nosotros.

Estimado colega, para ti que lees este libro, te invito a que te unas a crear el futuro en cada una de tus esferas de acción ¡Recuerda tú eres el Tec!

La estrategia que impulsó la investigación

Francisco J. Cantú Ortiz, 2002–2018



En el periodo 2002–2017 el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, organismo público responsable de definir e impulsar la investigación científica y tecnológica en México, invertía un porcentaje de alrededor del 0.4% del Producto Interno Bruto, PIB, el cual

resultaba muy bajo comparado con lo invertido por otros países miembros de la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo, OCDE, el cual fluctuaba entre el 0.5 y 3% del PIB de esos países.

Aunque el gobierno federal en ese periodo formuló una ley de Ciencia y Tecnología con la cual se comprometía a invertir el 1% del PIB en investigación, esto no se cumplió por diversos motivos políticos y económicos. Adicionalmente, los recursos públicos administrados por el Conacyt resultantes del 0.4% del PIB, se utilizaban principalmente para apoyar a las universidades públicas del país, dejando en desventaja a las universidades privadas de las cuales el Tec forma parte. Estos recursos se aplicaban principalmente para pagar los estímulos a los miembros del Sistema Nacional de Investigadores, así como las becas de los alumnos de posgrado inscritos en programas acreditados por el Padrón de Excelencia de Programas de Posgrado, PEPP del Conacyt. Una menor cantidad se destinaba a financiar proyectos de investigación básica, así como proyectos para el desarrollo regional a través de fondos concurrentes con las direcciones de investigación de los estados del país y los centros de investigación del Conacyt distribuidos en varias ciudades de la república mexicana.

En el 2002 el SNI contaba con 9 mil 200 miembros con la inmensa mayoría perteneciendo

a universidades públicas, teniendo a la UNAM con casi el 50% de la membresía total. El número de miembros del SNI del Tec era de alrededor de 52 profesores.

Con respecto al posgrado, la mayor parte de los programas en el PEPP eran de universidades públicas, con una participación muy baja por parte de universidades privadas. En el 2004 el Tec tenía solamente dos programas de posgrado acreditados por el PEPP y más de 20 maestrías y doctorados por acreditar.

En el tema de publicaciones arbitradas e indexadas, la inmensa mayoría de la producción nacional provenía de las universidades públicas y de los centros de investigación nacionales, con una contribución muy marginal del sector productivo y de las universidades privadas.

Con respecto a la propiedad intelectual, los organismos que la gestionan en México son el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, IMPI, responsable de las políticas y registro de patentes, diseños industriales, modelos de utilidad, y marcas registradas; y el Instituto Nacional de Derechos de Autor, entidad responsable de la publicación de libros y obras relacionadas. En el 2002, el Tec no contaba aún con patentes registradas a su nombre, dado este contexto nacional, resultó todo un reto impulsar la investigación y desarrollo en una institución privada como el Tec de Monterrey.

Con el inicio del nuevo milenio, el Tec estaba consciente de la necesidad de impulsar la investigación para promover la movilidad estudiantil con instituciones de otros países, establecer convenios de colaboración internacional, realizar estancias de investigación, tener acceso a fondos internacionales, y poder así ser incluido en los rankings internacionales de universidades.

El principal reto que se tenía para lograrlo en el año 2002 consistía en encontrar un esquema para que los profesores con vocación por la investigación tuvieran tiempo para realizarla de una manera sostenida. Esto permitiría que los profesores pudieran publicar artículos de investigación en revistas y congresos arbitrados e indizados por los principales índices como el Journal Citation Report, JCR de la base de datos Web of Science, y Scopus de Elsevier.

Los principales retos de investigación consistían en:

- Encontrar un esquema para que los profesores tuvieran tiempo para realizar investigación reduciendo a la mitad de la carga docente en ese momento.
- Aumentar el número de publicaciones internacionales arbitradas e indizadas en JCR y Scopus. En el año 2002 el número de artículos indizados JCR era 80 y los indizados por Scopus era 118.
- Acreditar los programas de doctorado y maestría en el PNP. En el año 2002 el número de programas de posgrado acreditados por PNP era dos.
- Aumentar el número de alumnos de doctorado y de maestrías de investigación e impulsar las maestrías con orientación profesional. En el año 2002 el número de alumnos de doctorado era 73.
- Incrementar el número de proyectos de investigación con financiamiento externo a niveles nacional e internacional, así como los recursos financieros provenientes de agencias, fundaciones, y empresas.
- Desarrollar una cultura de patentamiento e innovación tecnológica. En el 2002 el número de patentes de la institución era cero.
- Iniciar con la incubación de empresas de base tecnológica resultantes de los proyectos de investigación y de las tesis.
- Incrementar el número de trabajos enviados y el número de asistentes al Congreso de Investigación, CIDTEC, que inició en 1971, y en el año 2002 el número de trabajos presentados fue de 112 con 600 asistentes. Durante el Congreso se ha realizado la entrega del Premio a la Investigación Rómulo Garza el cual inició en 1973.
- Reforzar la divulgación de los resultados de investigación a través de medios impresos como la revista Transferencia, que inició en el año 1988, y los sitios Web de investigación. También se vio la necesidad de dar un impul-

so a la revista Transferencia a partir del 2003 para divulgar los avances en investigación, posgrado, innovación, y emprendimiento de base tecnológica de la institución.

- Posicionar al Tec de Monterrey en los principales rankings internacionales de universidades de investigación, especialmente en los rankings QS y Times Higher Education, THE.

Con estos retos en mente, y tomando en cuenta los avances logrados entre 1985 y el 2000, a partir del 2001 cuando el Dr. Alberto Bustani es nombrado Rector de la Zona Monterrey y el Dr. Fernando Jaimes Vicerrector de Investigación, se diseñó una nueva estrategia que abordara los problemas planteados para ubicar a la Institución como una universidad de enseñanza y de investigación en el plano nacional e internacional.

En el año 2002, impulsado por el Dr. Alberto Bustani, se inició el programa de Cátedras de Investigación para impulsar la investigación, el posgrado, la innovación, el patentamiento, y el emprendimiento de empresas de base tecnológica. Esta estrategia se impulsó integrando el posgrado con la investigación para constituir la Dirección de Investigación y Posgrado como entidad responsable de la coordinación y despliegue de la estrategia.

La estrategia de Cátedras de Investigación permitió que los profesores con vocación por la investigación tuvieran tanto descarga docente, como un fondo semilla para llevar a cabo labores de investigación mediante la formación de grupos de Cátedras en las principales áreas estratégicas de la Institución que incluían la Biotecnología, los Sistemas de Manufactura, las Tecnologías de Información, la Medicina, los Negocios, las Ciencias Sociales y las Humanidades.

En el año 2014 las cátedras de investigación evolucionaron hacia un conjunto de grupos de investigación con enfoque estratégico para focalizar los recursos institucionales hacia las áreas prioritarias e incrementar la atracción de recursos externos para financiar la investigación.

El impulso que se dio a la investigación a través del programa de cátedras de investigación en el período 2002-2014 y a los Grupos de Investigación de Enfoque Estratégico, GIEs, diseñado e impulsado por la Vicerrectoría de Investigación en el período 2015

a la fecha, permitieron dar una respuesta a los retos planteados en la sección anterior. El siguiente es un resumen de los avances logrados durante este período 2002-2017:

- Con respecto al esquema para que los profesores tuvieran tiempo para realizar investigación el programa de cátedras de investigación aportó recursos financieros administrados por el líder de la cátedra para que los profesores adscritos pudieran reducir a la mitad la cantidad de cursos impartidos.
- El número de publicaciones internacionales arbitradas e indizadas en JCR y Scopus pasó de 118 en el año 2002 a 1086 en el 2017 y el número de artículos indizados JCR pasó de 80 a más de 500 en el 2017. En el quinquenio 2013-2017 se publicaron cerca de 4 mil artículos indizados por Scopus, lo cual representa el 40% de la meta de 10 mil artículos para el quinquenio 2016-2020.
- La acreditación de los programas de doctorado y maestría en el PNPC pasó de dos en el año 2002 a 58 en el año 2014.
- El número de alumnos de doctorado y de maestrías de investigación pasó de 73 en el año 2002 a más de 700 en el año 2014 y el monto de las becas de sostenimiento aportadas por el Conacyt a través del PNPC fue de cerca de 100 millones de pesos por año al 2014.
- El número de proyectos de investigación con financiamiento externo a niveles nacional e internacional pasó de menos de 5 en el 2002 a más de 20 en el 2017 y los recursos financieros anduvieron en el orden de los 500 millones de pesos anuales.
- La cantidad de patentes nacionales e internacionales pasó de cero en el año 2002 a una cartera de 400 patentes en el año 2014.
- El número de proyectos de incubación de empresas de base tecnológica obtenidas a partir de los resultados de investigación y de las tesis llegó a 50 en el año 2014.
- El número de trabajos enviados y el número de asistentes al Congreso de Investigación CIDTEC pasó de 112 en el año 2002 a 364 en el año 2017 y el número de asistentes pasó de 600 a más de 2 mil asistentes en el 2017.
- La divulgación de los resultados de investigación en medios impresos como la revista Transferencia y en los sitios Web de investigación se incrementó y se adoptó una estrategia de divulgación a través de sitios Web.
- El Tec de Monterrey se posicionó en los principales rankings internacionales de universidades de investigación, especialmente en el

ranking QS en donde ocupó la posición 199 en el 2018. En el 2020 ocupa la posición 158.

Estos avances continuaron consolidándose entre 2018 y 2019 para acercarse al cumplimiento de las metas del plan estratégico 2020. Actualmente la Institución está por terminar el período de la Misión 2020, que se definió en el año 2014 y durante esta etapa se han cumplido metas importantes, no solo en lo relacionado con el modelo educativo Tec21, sino en metas para la investigación y la innovación institucional.

El país tiene una nueva administración federal para el período 2019-2024 y todavía no es claro el nivel de apoyo que la ciencia y la tecnología nacionales recibirán de parte del gobierno federal en lo relacionado con invertir el 1% del PIB en ciencia y tecnología con fondos públicos, el estímulo a la inversión privada en investigación para que contribuyera también con otro 1% del PIB en gasto científico y tecnológico. Ante este panorama, se presentan nuevas oportunidades para crear soluciones innovadoras a los retos del entorno nacional. Estas oportunidades pueden encontrarse también en el campo internacional, en donde existen importantes fuentes de financiamiento para la investigación y desarrollo por parte de fundaciones, empresas internacionales, y gobiernos de otros países, particularmente del sureste asiático.

En la formulación del plan estratégico 2030, se podrán impulsar iniciativas de colaboración internacional, de apoyo a la investigación científica y a la innovación, al emprendimiento de base tecnológica, y a la formación de recursos humanos en las tecnologías del siglo 21 como el internet de las cosas, la computación en la nube, la robótica, y la inteligencia artificial, que constituyen los motores de la transformación digital y de la llamada industria 4.0. Estas oportunidades se presentarán en el diseño y desarrollo de ciudades inteligentes, la transportación pública mediante vehículos autónomos, los drones, y robots inteligentes, así como en una serie de servicios en los hogares, los hospitales, la educación, la seguridad pública, y otros temas relacionados que tendrán un importante impacto educativo, económico y político en la sociedad del siglo 21.

Hacia dónde va la investigación

Neil Hernández Gress, 2018-presente



Cuatro elementos han distinguido la investigación en el Tec de Monterrey en los últimos años (2017 - 2020): el fortalecimiento de la investigación institucional, los cambios en la estrategia de investigación nacional, el futuro de

la investigación a través de la Visión 2030 y la toma de decisiones científicas basadas en datos.

Ésta última etapa ha permitido consolidar el avance en el desarrollo de la investigación institucional y ha fortalecido las bases en el camino hacia una universidad de investigación de talla internacional. Además, se ha consolidado un grupo de investigadores en áreas estratégicas, se han redefinido los lineamientos y políticas de investigación y se ha consolidado una estructura al servicio de la investigación, lo cual ha sido de gran impacto institucional.

Bajo esta base, el futuro se vislumbra con grandes retos que detonarán un desarrollo exponencial de la investigación.

El fortalecimiento de la investigación institucional.

La visión institucional 2020 puso en marcha, en 2014, el programa de Investigación que Transforma Vidas con siete elementos principales:

- Desarrollo de un modelo de investigación-acción basado en innovación abierta con la participación de profesores y alumnos.
- Focalización en áreas de investigación estratégicas.

- Establecimiento de alianzas estratégicas con universidades internacionales.
- Transferencia de tecnología a través de la Red de Oficinas de Transferencia Tecnológica.
- Incremento de las alianzas con industria y socios estratégicos.
- Definición de un modelo económico sostenible.
- Mantenimiento de la alianza estratégica con el Instituto Tecnológico de Massachusetts, MIT.

Esta estrategia hace hincapié en el trabajo colaborativo de todos los profesores de la Institución independientemente de su localización geográfica o académica -en alguno de los 26 campus y/o en alguna de las seis Escuelas Nacionales- y genera lineamientos y apoyos para la investigación haciendo realidad la estrategia de un solo Tec.

La columna vertebral a partir de la cual se genera la investigación de la Institución son los Grupos de Investigación de Enfoque Estratégico, GIEs, que hoy suman 44 y que cuentan con 711 profesores investigadores: líderes, miembros o adscritos. 633 de ellos son miembros del Sistema Nacional de Investigadores, SNI. Además, 8 mil 561 alumnos de profesional o posgrado participan en actividades de investigación, de los cuales mil 100 son alumnos de alguno de los programas de maestrías científicas o doctorados que ofrece la Institución en sus diferentes campus y Escuelas Nacionales.

Como parte fundamental del enfoque de la investigación se definieron cuatro iniciativas estratégicas: Educación, Nanotecnología, Energía y Liderazgo; y Emprendimiento. Así como nueve áreas estratégicas de investigación: Mecatrónica, Biotecnología, Tecnologías de Información, Salud, Humanidades y Educación, Negocios, Desarrollo Sostenible,

Políticas Públicas y Ciencias Sociales, y Arquitectura Arte y Diseño.

Se ha impulsado el desarrollo de 22 alianzas estratégicas con: MIT en el área de nanotecnología, Universidad de Berkeley en el área de tecnologías de información, Universidad de Maryland en el área de salud y humanidades y Universidad de Texas en San Antonio en ciberseguridad, entre otras.

En 2018, la Institución invirtió un poco más de 3 pesos por cada peso que el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, otorgó como apoyo a la investigación.

Los principales resultados de investigación se pueden resumir de la siguiente manera:

- Las publicaciones a 2019 indizadas en Scopus son 5 mil 205 y se han incrementado en 609% en relación a 2014. El 46.4% cuentan con coautores internacionales. El 24.4% se publican en revistas top 10%
- Las citas en el quinquenio fueron de 22 mil 970 y representan 265% de crecimiento con respecto a 2014.
- 643 miembros del SNI, lo que representa un aumento de más del 100% con respecto a 2014.
- 8 mil 561 alumnos haciendo investigación, lo que significa un aumento de 93%
- Posición 158 en el World University Ranking de QS y se encuentra entre las principales 40 universidades particulares a nivel internacional.

Lo anterior permite observar el impacto de la estrategia Investigación que Transforma Vidas en el quinquenio pasado.

Los cambios en la estrategia de investigación nacional.

En el año 2018, con la nueva administración federal, la estrategia de investigación nacional experimentó transformaciones: se desarrollaron nuevas estrategias de financiamiento a través de nuevas convocatorias como la de Problemas Nacionales Especiales, Pronaces; se cancelaron algunos programas como el de Estímulos a la Innovación, PEI, y algunas convocatorias sectoriales, convocatorias internacionales y algunos grandes proyectos como los interdisciplinarios, dentro del Fondo de Energía e Hidrocarburos.

Lo anterior representó una disminución en los fondos externos atraídos para la investigación, y por consiguiente una reestructuración de las acciones para continuar generando oportunidades de desarrollo a través de nuevas herramientas de financiamiento: fundaciones, Research Chairs, proyectos con industria, consejos estatales de investigación, entre otros.

El futuro de la investigación a través de la Visión 2030.

Con la experiencia de los resultados alcanzados y orientando la estrategia de investigación hacia una nueva etapa conectada con la Visión 2030; el futuro se visualiza a través de centros o institutos que permitirán desarrollar de manera más acelerada la investigación y vincular los resultados de investigación con la sociedad impactando en el ámbito social y económico.

Los elementos más importantes en esta nueva etapa son la orientación interdisciplinaria, la atracción de profesores investigadores internacionales, las temáticas abordadas -con impacto local pero desde una perspectiva internacional-, la conexión con la infraestructura humana y física instalada, el desarrollo de la cultura de investigación basada en la meritocracia, el desarrollo de una estrategia internacional en todos sus niveles y los stakeholders asociados a los centros o institutos.

La conexión entre la investigación, innovación abierta, desarrollo tecnológico y emprendimiento se verá fortalecida por estos elementos.

Con lo anterior en mente, podemos pensar en el desarrollo de la investigación con un impacto exponencial. Las bases están dadas, el futuro se visualiza prometedor.

La toma de decisiones científicas basadas en datos.

El equipo de apoyo para la investigación ha desarrollado conocimiento y procesos innovadores y de gran valor agregado. La agregación de datos de investigación y académicos, internos y externos, en la base de datos denominada CRISTEC es una prueba de ello.

La base de datos CRISTEC cuenta con algoritmos de toma de decisiones basados en

Ciencia de Datos (estadísticos y de inteligencia artificial) lo que representa una herramienta de gran valor para el avance de la estrategia de investigación.

Los servicios para los diferentes clientes internos incluyen inteligencia de investigación para la toma de decisiones, desarrollo de convenios Internacionales, evaluación de la investigación, determinación de disciplinas asociadas y tópicos de interés en investigación a futuro, divulgación y comunicación de la Investigación, entre otros.

La investigación a través de los Grupos de Investigación de Enfoque Estratégico

Escuela de Arquitectura, Arte y Diseño

Buscamos fortalecer la calidad académica de nuestra escuela impulsando la investigación que tenga como base el desarrollo sustentable y el bienestar de la comunidad.

Desarrollo Territorial Sostenible

Líder: Aleksandra Krstikj

Panorama actual

El concepto de “sostenibilidad” ha cobrado fuerza y se ha convertido en el paradigma dominante en el área del desarrollo urbano durante los últimos 40 años. Este concepto surge en respuesta a la aceleración de los procesos de urbanización del territorio y sus tremendas consecuencias sobre el medio ambiente natural y la equidad social. A pesar de que la expansión urbana se ha asociado en gran medida con el crecimiento suburbano de baja densidad de los países industriales, recientemente, las ciudades de los países en desarrollo han captado la atención de los investigadores, ya que han llegado a acumular la mayoría de las megalópolis del mundo (Scott 2019). En el caso de América Latina, donde la población urbana alcanza un sorprendente 80%, los desafíos más relevantes para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de la ONU están vinculados a la equidad social, la seguridad y la protección del medio ambiente (ONU 2018 informe del grupo para América Latina y el Caribe).

En este contexto, en el período previo a la conferencia ONU Habitat III celebrada en Quito 2016, a partir de una colaboración de investigación entre Theatrum Mundi, NYU y ONU-Hábitat, se publicaron los documentos de Quito, “The Quito Papers”. Su idea central gira en torno a la creación o reinención de la “Ciudad Abierta”, basada en la noción de que un entorno urbano debe ser administrado, en lugar de controlado, como una superposición de diferentes funciones para acomodar diferentes necesidades para diferentes personas y promover la inclusión, la convivencia y la habitabilidad de un lugar.

Las principales herramientas para abordar este escenario tan complejo se encuentran en la provisión abundante de los espacios públicos, la excelencia del diseño urbano y las políticas públicas que protegen el derecho de todos a la ciudad. Por lo tanto, el concepto de “Ciudad Abierta” como sistema emergente que se adapta mejor e incorpora cambios impredecibles (Porqueddu 2018), se opone a la idea del plan maestro como un



sistema cerrado que intenta predecir y controlar el desarrollo futuro.

Un aspecto importante que también debe considerarse en mi opinión es la incorporación de la planificación ecológica como un elemento rector dentro de un diseño abierto que ayude a identificar los cambios emergentes y apoye la regeneración de los ecosistemas perdidos, incluyéndolos como un componente crucial para el bienestar humano.

Además, existe una creciente necesidad de considerar otras formas de transformaciones periurbanas y rurales como un sistema integrado, opuesto a la planificación fragmentada del siglo pasado que provocó paisajes fracturados y semiurbanos, por lo que es necesario cambiar el enfoque de diseño de ciudades al diseño de territorios. Especialmente en el contexto de México, donde las consecuencias de la pérdida masiva de hábitat, la segregación social y económica, así como los paisajes urbanos y naturales fracturados se han vuelto abrumadores en la gestión de la salud, la seguridad y el bienestar de nuestra gente, la necesidad de nuevas estrategias creativas para planificar el territorio es urgente.

Por lo tanto, las preguntas más apremiantes en el área del desarrollo territorial sostenible son: ¿pueden nuestros territorios conciliar el crecimiento con el uso sostenible de los recursos? En un mundo cada vez más complejo, donde la planificación en estilo "top-down" apenas ha podido seguir el ritmo del cambio urbano, ¿cómo podemos transformar la planificación urbana en un sistema organizacional multivalente que sirva a la nueva comunidad de agentes que interactúan? Más específicamente, en ciudades latinoamericanas, debido al rápido ritmo del cambio urbano, aunado a un conocimiento insuficiente de los sistemas de la ciudad y una gobernanza a menudo ineficiente, ¿cuáles principios del desarrollo territorial, en términos de densidad, eficiencia y gestión de la equidad social, pueden proporcionar un futuro sostenible para todos?

Algunos de los enfoques contemporáneos más interesantes para responder a estas preguntas se encuentran en la modernización de los suburbios con servicios y la creación de nuevas centralidades, aumentando

la densidad para reducir la expansión urbana sin bordes, el uso de terrenos compactos y de uso mixto, el desarrollo orientado al tránsito, el transporte público verde y multimodal, un diseño de vecindario caminable y de ciudad inteligente que utiliza el "Internet de las cosas" para maximizar la eficiencia, la cartografía social y la planeación participativa. Ninguno de estos enfoques por sí solo puede resolver el enigma del desarrollo territorial sostenible, sin embargo, contribuyen a la sinergia de ideas necesarias para repensar y reconstruir nuestro futuro.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

Aunque la Escuela de Arquitectura, Arte y Diseño del TEC en su condición de escuela nacional, se formó hace relativamente poco tiempo, como parte de las transformaciones de la institución; con la creación del primer GIEE de la escuela en enero de 2019 la investigación en esta área comienza un proceso de formalización que pone de manifiesto su importancia. Si bien el proyecto de investigación independiente se ha desarrollado de distintas maneras, hoy intentamos fortalecer ese aspecto de nuestra escuela mediante la organización del esfuerzo de investigación en proyectos de colaboración con un objetivo común para maximizar su efecto.

Ser un catalizador de la transformación de las ciudades es uno de los pilares que el Tec de Monterrey se ha propuesto de cara al 2030. En este contexto, el GIEE de EAAD Desarrollo Territorial Sostenible, está asumiendo su papel en la construcción de una base para la toma de decisiones informada con base en el análisis de datos.

Por lo tanto, nuestra área de estudio se centra en la identificación de metodologías y herramientas adecuadas para la elaboración de planes de desarrollo y diseño arquitectónico que promuevan el desarrollo territorial sostenible en el contexto de las áreas urbanas de crecimiento acelerado en América Latina. Nuestro grupo está organizado en tres líneas de investigación: planeación urbana estratégica, ciudades equitativas y vivienda y ciudad, que operan en diferentes escalas del territorio, pero se centran en los mismos temas de conservación de recursos, desarrollo comunitario y justicia espacial para

responder a los desafíos contemporáneos globales. Considero que estos tres aspectos son cruciales en el discurso del desarrollo territorial sostenible en la actualidad, y pueden integrarse de manera estratégica y hacia un objetivo común para los diferentes intereses de nuestros colaboradores.

Fortalezas del GIEE

Una de las fortalezas más importantes de este Grupo de Investigación con Enfoque Estratégico GIEE, es el perfil internacional de investigadores, con experiencias y colaboraciones en investigación multifacéticas. Tenemos un grupo de investigadores de México, España, Italia y Macedonia, con enlaces de investigación a la Universidad de Osaka, la Universidad de Tongji, la Universidad Politécnica de Madrid, la Universidad de Londres, la Universidad de Padua y la Universidad de Colorado Boulder. Ante desafíos tan complejos como el rediseño de nuestro entorno, y ecología urbana, la integración de diferentes visiones es un recurso invaluable.

En segundo lugar, el hecho de que todos los investigadores son jóvenes, aporta vitalidad y fortaleza para alcanzar los objetivos de investigación. La sed de conocimiento y la necesidad de experimentación en el enfoque de investigación todavía es evidente en nuestro trabajo y genera la creatividad que tanto necesitamos para el cambio de paradigma en el desarrollo urbano al borde de la era del Antropoceno.

Finalmente, somos muy conscientes de la necesidad de cooperación para enfrentar los grandes desafíos que se avecinan, ya que ningún hombre solo puede resolver la complejidad del desarrollo territorial sostenible. El trabajo en equipo del GIEE ya ha demostrado el valor real de la colaboración y el intercambio de ideas materializándose en la consolidación de dos proyectos de investigación que pueden tener un impacto considerable en la mejora de la capacidad de recuperación de la planificación territorial en México.

Proyectos que trascienden

Otras Fronteras es un proyecto de investigación que explora el concepto de frontera, al lado de la concepción política o administrativa, en términos de cómo se crean o perci-

ben las fronteras dentro de los límites de un área urbana o de la franja urbano-rural, y cómo se puede aplicar la idea de frontera en diferentes escalas: de micro a macro.

El objetivo del proyecto es presentar el trabajo realizado por el grupo de investigación en la exploración de varias ideas sobre la frontera visible e invisible. La primera es que las fronteras se transgreden o se negocian casi a diario, y los resultados de esto tienen un efecto muy palpable o sutil en el espacio que representa la constitución de las relaciones de poder y oscilan desde las escalas domésticas a las de la ciudad. La segunda idea es la paradoja de que las fronteras físicas o políticas no contienen a los habitantes, por el contrario, provocan que la población de ambos lados los cruce repetidamente, como en las comunidades cerradas, o sean expulsados para buscar nuevas oportunidades para el desarrollo económico o para satisfacer sus necesidades básicas, como son: refugio, educación, salud u ocio, o como sucede también con las comunidades rurales que tienen que migrar a nuevos territorios "prósperos".

La trascendencia física y política de la frontera también se puede observar en las prácticas socio espaciales comunes de una comunidad trans-espacial que ha decidido establecerse en un entorno construido muy distinto pero que mantiene sus prácticas diarias como si todavía estuvieran en la ciudad original. Finalmente, la idea de diluir la frontera de los sistemas físicos y sociales puede ayudar a transformar las urbanizaciones fragmentadas en un territorio ecológico real.

El proyecto Atlas de territorios resilientes en México se desarrolla como un análisis comparativo basado en la justicia espacial. El concepto de justicia espacial se considera de manera horizontal, como distribución de recursos y servicios igualmente accesibles para todos, pero también de manera vertical, como distribución de recursos que benefician a los grupos más vulnerables. Los aspectos en los que enmarcamos el alcance de la investigación son: conservación del patrimonio cultural y natural, forma y movilidad urbana, consumo de energía / metabolismo territorial y resiliencia comunitaria (salud, vivienda e igualdad de género). Su objetivo es crear índices para la resiliencia territorial en diferentes partes de México, donde están en

juego diferentes realidades, para servir como base para la gestión informada de la planificación territorial futura. El impacto de este proyecto se ve en el apoyo a los gobiernos locales con falta de recursos en el desarrollo de estrategias resilientes adaptados a las condiciones territoriales específicas. A su vez, el efecto agregado de las mejoras incrementales y adaptadas localmente puede tener resultados enormemente positivos en el fortalecimiento de nuestra respuesta como país a los próximos desafíos vinculados con el desarrollo del territorio.

Retos de cara al futuro

Hass (2012), en el libro *Urbanismo sostenible y más allá: repensar las ciudades para el futuro*, describió con precisión los principales retos que aparentemente dominarán las próximas décadas. Algunos de esos retos incluyen: Mayor urbanización (conflicto sobre recursos naturales), Territorios "Hot, Flat y Overcrowded" (aumento de la clase media y aumento del consumo), Mayor diversidad (de personas, ideas y grupos), Presencia de la tecnología de la información y Sociedad en red (nuevos lugares y espacios), Dicotomía de sostenibilidad ambiental urbano-rural (uso de la tierra y asignación de recursos), Gobernanza y gestión (a nivel local, regional y nacional), Planificación y resiliencia ante desastres (escenarios de riesgo preventivo y de contingencia), Ciudades del miedo y Ciudades de esperanza (equilibrando las

comunidades justas y habitables), Movilidad, Accesibilidad, Asequibilidad y Disponibilidad (Urbanismo Justo y Equidistante).

Frente a tantas incertidumbres y problemas "maliciosos" el problema se agrava por la existencia de una comprensión tan diferente de lo que el desarrollo "sostenible" representa para diferentes grupos. En este contexto, el elegante marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 de la ONU es una luz líder que mapea la trayectoria del cambio.

En el área del desarrollo territorial, el futuro sostenible implicaría proporcionar acceso para todos a viviendas y transportes seguros y asequibles, reducir la contaminación y el riesgo de desastres naturales en nuestros entornos urbanos y salvaguardar el patrimonio cultural y natural. La necesidad de un espacio público seguro, inclusivo y accesible también se enfatiza como una herramienta crucial para crear la Ciudad Abierta.

Sin embargo, todos estos aspectos solo pueden desarrollarse bajo la condición de reorganizar nuestro sistema de planificación para servir a todos los agentes y usuarios involucrados en el desarrollo del territorio dentro del marco de la planificación participativa. La planificación integradora y la colaboración son las principales herramientas necesarias para cumplir el futuro de un territorio justo, inclusivo, accesible y habitable donde todos puedan ver su prosperidad como un objetivo alcanzable.



Escuela de Ciencias Sociales y Gobierno

Los retos actuales nos obligan a promover la generación de conocimiento y el uso de innovaciones tecnológicas orientadas a promover el bienestar, justicia e inclusión.

Escuela de Ciencias Sociales y Gobierno

Alejandro Poiré, Paulina Campos y Fausto Hernández

Panorama actual

En el nuevo ecosistema de investigación en Ciencias Sociales y Gobierno el estudio y análisis riguroso de los fenómenos políticos, económicos y sociales es una necesidad. Con anterioridad, hace más de 50 años, el debate de estos menesteres se llevaba a cabo solo entre intelectuales e historicistas. Con el paso de los años las ciencias sociales refinaron sus metodologías de análisis, con lo que el estudio ganó una importante rigurosidad. El reto que persiste es que dicha manera de hacer la investigación se apege a una apropiada interpretación de la realidad.

Por otra parte, el mundo ha ido cambiando a una velocidad vertiginosa. No hay duda que la globalización que se experimentó a partir de la caída del muro de Berlín influyó también en la internacionalización de las disciplinas sociales. Aprendimos que la unicidad del concepto México como objeto de estudio no existe. Si bien el país presenta peculiaridades, las teorías política y económica se

han desarrollado para explicar fenómenos comunes a las democracias, a los mercados laborales, a los procesos electorales y un sin-fín de situaciones.

En este sentido, el estudio de las ciencias sociales no son un adorno ni mucho menos una actividad de erudición como se llegó a pensar hace más de 50 años. La realidad social requiere de análisis, y nuestra área de estudio es precisamente la labor que desempeña. Para ello, reiteramos, se utiliza una serie de métodos que se han ido mejorando con el tiempo, de manera que la explicación de los fenómenos políticos, económicos y sociales es hoy día más rica, con lo que se ha facilitado el diseño de la política pública.

Asimismo, los desarrollos de las nuevas tecnologías han hecho posible el acceso a un sin número de datos acerca de las variables de interés, por lo que también las ciencias sociales han tenido que adoptar herramientas desarrolladas en otros campos como lo es la inteligencia artificial, el aprendizaje de máquinas y, de manera más general, de la ciencia de datos.



Así, el saber social y, más aún, humanístico, es necesario abordarlo y transmitirlo de las dos maneras: cuantitativa y cualitativamente. Debe entenderse que ambas se complementan. Si eso se comprende, la argumentación se dará de manera coherente para que el problema político, económico y social se analice críticamente y con una dimensión ética.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

Nuestra escuela mira a las ciencias sociales como promotoras del razonamiento, pensamiento crítico, diálogo productivo, creatividad e imaginación frente a los asuntos de la sociedad y, en última instancia, de la vida. Con esto en mente, la Escuela de Ciencias Sociales y Gobierno ECSyG, ha diseñado y modernizado sus Grupos Interdisciplinarios de Enfoque Estratégico, GIEEs. Esto se hizo para incluir la diversidad de temas que se concatenan entre sí y que coadyuvan al análisis antes referido. Debe aclararse que, en adición, cada GIEE “se habla” con los restantes. Más aún, la intención es hablarse con GIEEs de otras Escuelas. Esto último, como se verá más adelante, ya se realiza, aunque se reconoce que debe ampliarse y extenderse. Los GIEEs de la Escuela de Ciencias Sociales y Gobierno son:

Democracia, corrupción y asuntos globales

No hay duda de que México, aunque sea a regañadientes, ha ido construyendo un andamiaje para fortalecer la democracia. La creación de órganos autónomos es una prueba de ello. La participación electoral, semilla de la democracia, se incrementó de manera importante gracias, en parte, a la existencia de un Instituto Autónomo, el INE, que ha organizado y vigilado el proceso electoral.

Persisten retos, e incluso riesgos de retroceso, para lo cual es necesario defender y refinar las instituciones del país. La ECSyG diseñó el GIEE Democracia, Corrupción y Asuntos Globales para contribuir al análisis riguroso de todo lo que implica una democracia efectiva y creíble.

Otro de los peligros que mina la democracia y la vida misma de los mexicanos es la existencia de la corrupción en muchos ámbitos de la vida pública y privada del país. El GIEE

incluye esta temática para coadyuvar al diseño de los mecanismos e incentivos que permitan disminuir y erradicar esta mala práctica. En la actualidad se está diseñando un grupo global de análisis contra la corrupción. Por esto y muchos aspectos más los asuntos globales y la política comparada se abordan en este Grupo.

Gobierno y emprendimiento público

Otro de los grandes retos que tiene el país es mejorar el uso de los recursos públicos. Para ello se necesita contar primero con un buen gobierno, que sea capaz de innovar y emprender para fortalecerse a sí mismo, y con ello mejorar el bienestar de la población en general, en todos los ámbitos.

El estudio de la Administración Pública se había quedado obsoleto por lo que era necesario repensarlo. En este sentido es se diseñó este GIEE, que no trata solo de debatir los problemas públicos, sino de hacerlo con elementos, y evidencia. Por ello, este GIEE ha sido muy innovativo, ya que utiliza como herramienta lo que hoy se denomina como ciencia de datos, que incluye la inteligencia artificial y el aprendizaje de máquinas, entre otros.

Una de las áreas estratégicas en este GIEE, dada la idiosincrasia que tiene el sector en nuestro país, es la energía. La Escuela de Gobierno cuenta con un ambicioso programa de energía que utiliza toda esta herramienta con bastante atingencia.

De igual manera, el estudio de las finanzas públicas se ha inscrito de manera natural en este grupo. Se le da seguimiento a la evolución de las mismas y es frecuente encontrar en los medios de comunicación referencias a los estudios de la escuela en este renglón. Asimismo, el programa de desarrollo regional y de mejoramiento de las condiciones de vida de las ciudades constituye una parte importante del Grupo.

Desarrollo Económico y Medio Ambiente

Es un hecho estilizado que México no ha alcanzado el crecimiento económico deseado dado su potencial, así como tampoco ha logrado erradicar la pobreza y la disminución en las desigualdades, sea del ingreso o de las oportunidades de vida de los mexicanos al nacer.

Por ello, las áreas de este GIEE están orientadas a interpretar la realidad y a proponer políticas públicas que incrementen las posibilidades de éxito de un desarrollo económico y social sustentables. Por ello, la ECSyG ha introducido en este GIEE un área donde se estudie, evalúe y dé seguimiento a la evolución de las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS.

En este GIEE se han desarrollado contribuciones de evaluación de impacto de políticas públicas, se ha propuesto sustentabilidad de la provisión del agua en la nación y medidas para combatir la obesidad, entre muchas otras. La ECSyG seguirá impulsando todo lo relativo a un análisis riguroso del desarrollo económico.

Acceso a la Justicia

Los estados modernos encomiendan al Derecho la consolidación de sociedades más justas, el respeto a los valores democráticos y la plena protección de los derechos humanos, en un entorno de legalidad. Frente a tales objetivos, el Derecho, como toda técnica de ordenación social, debe reconocer e interiorizar la complejidad del entorno social, económico y político en el que se inserta.

Desde esa perspectiva, la investigación jurídica favorece el aprendizaje y el conocimiento que debe respaldar a los instrumentos de ordenación que son inherentes al Derecho, ya sea en su expresión más directa como en las leyes, reglamentos, sentencias, sanciones; o también como parte de una decisión de política pública en la que el Derecho y otras disciplinas convergen. Dado que el fenómeno jurídico es dinámico y cambiante, producto y al mismo tiempo productor de la realidad, entonces la investigación debe concebirse como condición necesaria de la efectividad del Derecho y por esa vía del progreso social.

Ahora bien, si a las sociedades del siglo XXI las caracterizan, entre otros elementos, entornos geopolíticos de mayor complejidad, desigualdad y pobreza, conflicto y riesgo global, así como una verdadera revolución tecnológica; entonces, no sólo la investigación, sino también la educación jurídica, deberán orientarse a tales problemáticas a fin de identificar, redefinir y superar incluso las fronteras del Derecho.

Es en atención a las problemáticas identificadas que en el Tec de Monterrey se han

declarado áreas de investigación y de enseñanza jurídica especializada las siguientes: justicia transicional; derecho y tecnología; derechos emergentes; género, diversidad e inclusión; conflictos y negociación internacional; entre otros, que se enmarcan el GIEE de Acceso a la Justicia.

Fortalezas del GIEE

Como se observa, los cuatro GIEEs se encuentran altamente concatenados. Es difícil analizar el impacto de las finanzas públicas GIEE de gobierno y emprendimiento público, sin analizar su impacto en el abatimiento de la pobreza (GIEE de desarrollo económico y medio ambiente), el que a su vez tiene implicancias con el acceso a la justicia (GIEE del mismo nombre) y la democracia (GIEE de Democracia, Corrupción y Asuntos Globales). Este último es solo uno de los innumerables aspectos de la vida social del país. Por ello creemos que es necesario discutir, debatir, señalar y proponer rutas críticas de manera conjunta. Para ello, hemos diseñado canales de colaboración entre los GIEEs. Solo por mencionar algunos; proyectos de investigación como el de Energía, donde participan miembros de los cuatro GIEEs; seminarios semanales donde asisten, para discutir, miembros de todos los grupos de investigación; y al final, la publicación de artículos.

Más aún, miembros de estos GIEEs han participado con investigadores de otras escuelas. Resalta el caso del estudio del agua, donde hay proyectos de investigación conjuntos. Estos han sido un éxito, y se piensa seguir ampliando este tipo de colaboración.

Proyectos que trascienden

Seguridad hídrica en ciudades del norte de México: un enfoque sistémico para la gestión hídrica bajo condiciones extremas del clima. Este es un proyecto de interés nacional financiado por el Conacyt con el Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación FORDECYT. El monto del financiamiento es de 10 millones de pesos. Se presentó en la Convocatoria 2018 como propuesta de consorcio, liderado por el Tec de Monterrey a través de las Escuelas de Ingeniería y Ciencias, y Ciencias Sociales y Gobierno.

El objetivo general del proyecto es elaborar una propuesta sistémica para aumentar la seguridad hídrica en las ciudades de Monterrey y Hermosillo, vulnerables a eventos climáticos extremos, cuya disponibilidad de agua es un tema de interés y seguridad nacional dado su carácter geoestratégico y contribución socioeconómica para el país.

A la fecha, se ha avanzado en el diagnóstico de las causas y los efectos de las crisis hídricas en ambientes urbanos de grandes ciudades en climas semiáridos, de forma que se puedan expresar a través de modelos de riesgo con un enfoque sistémico. También se ha avanzado en la construcción de modelos climáticos, hidrológicos y de manejo de agua que permitan simular la disponibilidad de agua superficial y subterránea bajo diversos escenarios, con énfasis, tanto en las demandas de agua urbana, como de gestión hídrica. De estos dos casos de estudio se derivarán lecciones para otras ciudades del país que estén en contextos similares al de estas dos metrópolis. Se están empezando a preparar las primeras publicaciones y talleres con la comunidad de las dos ciudades y tomadores de decisiones de los distintos niveles de gobierno.

Iniciativa de Energía

La Iniciativa de Energía del Tec de Monterrey cuenta con cuatro proyectos interinstitucionales e interdisciplinarios de alta envergadura; dos en sustentabilidad energética y dos en hidrocarburos. Se trata del Laboratorio Binacional para la Gestión Inteligente de la Sustentabilidad Energética y la Formación Tecnológica, el Consorcio E3 de Eficiencia Energética, la Red de Conocimiento 280170 de Cero Incidentes en la Red de Ductos de México, y la Red de Conocimiento 280252 de Infraestructura para la implementación y desarrollo de un Observatorio de Talento y Cadenas de Valor del Subsector Hidrocarburos. Con una duración promedio de cuatro años, estos proyectos han significado un ingreso para la investigación desde el año 2016 de 400 millones de pesos.

La numeraria de estos cuatro proyectos es considerable. En ellos participan: 12 instituciones académicas de Estados Unidos, Canadá y México, entre las que destacan UC Berkeley, UC Davis, Arizona State University, Pardee RAND Graduate School, University of Calgary, UNAM, IPN y UANL; 9 empresas del sector energético o relacionadas, entre las

que destacan la Comisión Federal de Electricidad, CFE, Petróleos Mexicanos, Centro Nacional de Control del Gas Natural, Vitro y Grupo Senda; 123 profesores investigadores; 40 posiciones posdoctorales, 51 doctores y 193 maestros. Adicionalmente, con estos proyectos se establecieron 21 laboratorios físicos y virtuales que ofrecen una gama importante de servicios al sector energético, y que además constituyen un activo importante para la investigación, la docencia y la formación académica de la comunidad del Tec de Monterrey.

Retos de cara al futuro

El indicador más importante de la investigación es, sin duda, la publicación de los resultados de la misma en canales de alto impacto y calidad. Para esto último, se toma como referencia, y de acuerdo a los lineamientos generales de investigación del Tec, la lista de Scopus y su categorización en cuartiles.

La producción de investigación de la Escuela de Ciencias Sociales y Gobierno ha crecido de forma consistente. En el cierre 2018-2019, el número de artículos publicados anualmente en revistas y conferencias Scopus creció 56% en comparación con el año anterior. Este año, prevemos un crecimiento adicional del 13.8%. El mayor crecimiento se ha registrado en publicaciones Q1 y Q2, las cuales incrementaron sustancialmente en 2018-2019 en relación con el año anterior.

Los resultados son favorables e indican que el conjunto de acciones implementadas ha incentivado la productividad de la escuela. Los números para 2019, en términos de revistas indizadas en Scopus, rebasaron los de 2018. Más aún, para 2020 se prevé que se rebasen los números en Scopus del 2019, lo que sugeriría incrementos importantes en la producción en tres años consecutivos.

La Escuela de Ciencias Sociales y Gobierno se encuentra comprometida con la investigación de alto impacto. Persisten, claro está, retos que habremos de enfrentar con una estrategia que estará en constante revisión y que se ajustará a los nuevos desafíos.



Escuela de Humanidades y Educación

Estudiamos e investigamos para conservar y enriquecer el patrimonio cultural, así como incentivar el uso de nuevas tecnologías que apoyen el desarrollo de las humanidades y la educación en nuestra sociedad.

Comunicación, Discurso y Cultura

Líder: Maricruz Castro Ricalde

Panorama actual

El GIEE Comunicación, Cultura y Discurso trabaja sobre líneas definidas relacionadas con un enfoque amplio sobre el discurso que incluye a la literatura, los textos periodísticos, los cinematográficos y los documentales, en general, desde acercamientos lingüísticos, semióticos y de historia cultural. Dada la diversa formación de sus integrantes, hay un grupo que se dedica a la indagación de los medios, el arte y la cultura digital. El énfasis del mismo se dirige hacia los medios audiovisuales, aunque también hay un interés muy presente en la fotografía y la gráfica. En las aproximaciones a estos objetos de investigación predominan los de cultura visual. Y, por último, un tercer grupo abocado a las industrias culturales y los estudios de audiencias.

Los estudios del discurso parecen abarcarlo todo. La palabra discurso tiene hoy una acepción amplia y que ha saltado a otros planos así como a escenarios de la vida in-

telectual así como social. Se le adjetiva de varios modos y con fines contrastados: el discurso es ahora un asunto multidisciplinar, como tal propone retos para conciliar aproximaciones serias y objetivas. En nuestro país, los estudios abarcan desde el discurso literario hasta el forense. El grupo del GIEE que trabaja en esta línea da cabida, entonces, a aproximaciones que auxilian en el estudio de fenómenos varios y, especialmente, en el literario como parte de un horizonte más amplio: el devenir cultural.

Los estudios sobre cine documental han logrado una notoriedad importante a nivel mundial, donde se ha constituido en uno de los campos de los estudios cinematográficos más dinámicos y propositivos de los últimos tiempos. Y en México, con la llegada de los festivales de cine especializados (DocsMX, Zanate y Ambulante), además de la especialización de los programas de formación además del gran impulso en los espacios de colaboración de la industria, se ha logrado tener una producción nunca vista y con gran variedad.



En cuanto a las Industrias culturales y los estudios de audiencias, destaca el análisis de la concentración y la propiedad no sólo de las corporaciones de medios de comunicación masivos, sino también de las corporaciones de tecnología. Éstas, a nivel nacional e internacional, han ideado estrategias para producir y distribuir contenido mediático y han gestado asociaciones o fusiones corporativas para convertirse en conglomerados. Por otro lado, los estudios de audiencias también se han sofisticado. Antes de la era de la datificación, se hacían estudios cualitativos y/o cuantitativos de las audiencias para adquirir su consentimiento hacia la compra de un producto o servicio, o para transmitirles una idea a través de una campaña o propaganda política. Hoy en día, dichas prácticas siguen prevaleciendo; no obstante, lo que ha cambiado es el medio así como también la cantidad de información de la audiencia a la que se tiene acceso.

El uso de las redes sociales y de páginas electrónicas de distinta índole han facilitado el acceso a grandes bases de datos con información de las audiencias. La datificación ha traído consigo un nuevo actor en el modelo de la comunicación: la inteligencia artificial.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

En el área de los estudios sobre el discurso, predominan los centrados en el hecho literario con enfoques desde los estudios culturales, la perspectiva de género, estudios revisionistas de la postcolonialidad, así como el abordaje analítico de autores y obras específicas.

De manera paralela, los análisis desde la lingüística cobran importancia para explicar los fenómenos que dejan ver las problemáticas diversas del habla y distintos rasgos de la práctica social de registros lingüísticos. Los estudios audiovisuales y sobre cine documental específicamente, son un área reciente. Aunque existen materias en los programas de estudio vinculadas al trabajo documental, es apenas en la última década cuando se integraron especialistas a la institución. En relación con los estudios fílmicos, se cuenta con dos referentes académicos: el trabajo de Maximiliano Maza desde la histo-

ria del cine nacional y regional; y el de Mari-cruz Castro Ricalde que trabaja, entre otros temas, el vínculo de la literatura y el cine, y el cine de mujeres. Sus publicaciones han contribuido a delimitar el campo de estudio que ahora ha incorporado con más vigor el análisis fílmico, la estética del cine, la narratología e investigación sobre festivales de cine.

Los esfuerzos han sido diversos para contribuir al área de estudio de las industrias culturales y los estudios de audiencias. En la década pasada, el Centro de Investigación en Comunicación e Información, CINCO, en el Campus Monterrey, contribuía a la generación de conocimiento en este rubro. A la par había investigadores independientes, en otros Campus, que eventualmente formaron parte de dicha comunidad de conocimiento, pero que también trabajaron de forma dispersa en sus intereses de investigación. Todos ellos contribuyeron, desde sus áreas de especialidad, a producir conocimiento en el área de estudio de las Industrias culturales y los estudios de audiencias. Hoy en día algunos de esos investigadores se han alojado en este GIEE.

Fortalezas del GIEE

El GIEE reconoce tres fortalezas que se extienden a los subgrupos que lo componen, las cuales se relacionan con la naturaleza de sus integrantes, el involucramiento de la comunidad del Tec de Monterrey, vía sus estudiantes de posgrado y docentes en general; y un conocimiento mayor de opciones y formatos tanto para participar en convocatorias para obtener fondos como en publicar en revistas indizadas internacionalmente.

El profesorado cuenta con una amplia trayectoria y experiencia en sus áreas de competencia. Los estudiantes de posgrado, tanto de maestría como de doctorado, están desarrollando sus trabajos de investigación a su lado, para contribuir de igual forma a la producción de conocimiento. Es un grupo nutrido y diverso que aborda el área de estudio desde distintas dimensiones.

Algunos académicos tienen proyectos de investigación vigentes con financiamiento y otros están participando en convocatorias para conseguir recursos que impulsen el desarrollo de investigaciones, en líneas prioritarias para el conjunto. Asimismo, la curva de

aprendizaje para dar a conocer sus resultados de investigación, vía publicaciones periódicas incluidas en índices internacionales de alto estándar, ha permitido un incremento de artículos de miembros del GIEE que han aparecido en ellas.

Proyectos que trascienden

El incremento en la productividad de artículos de calidad internacional, aspecto en el que casi todos los investigadores han contribuido, significa un impacto real en el campo de la investigación al cual se aboca el grupo.

En el último lustro varios profesores han obtenido fondos Fullbright para participar como docentes o investigadores visitantes, se ha obtenido Cátedras como la Eulalio Ferrer de Ciencias Humanas y Ciencias Sociales (Universidad de Cantabria y Fundación Cervantina) y la Chaire Amérique Latine (Université de Toulouse Jean Jaurés).

Se obtuvo el fondo UC-Mexus Conacyt, a través del proyecto "Humanizing Deportation. A Digital Storytelling Archive" (UC Davis, Tec de Monterrey) y el otorgado por Conacyt, en Ciencia Básica: "La mujer en la cultura transnacional de la frontera norte México-Estados Unidos: las prácticas de lo escrito, 1850-1950".

Durante el tiempo en el que el giro de educación y cultura trabajó con el GIEE, se obtuvieron también fondos CITRIS, Berkeley, y Tec de Monterrey, con el proyecto "Connecting Communities of Makers to Foster Inclusive STEM Education".

Retos de cara al futuro

La literatura como actividad creativa en nuestro país gana cada año en autores y propuestas. El reto es mantenerse al día y poder dar una visión del conjunto, ir más allá de los temas tradicionalmente a mano: historia, autores canónicos, entre otros, e intentar un mapeo de la actividad literaria, por no decir narrativa en distintos soportes, para que los creativos y lectores pueden relacionarse en el panorama actual.

Otro desafío es que los trabajos del grupo, sus investigadores y sus estudiantes participen para formar una comunidad que trabaje en temas de interés compartido.

Uno de los retos más destacables del área del arte y los medios en la cultura digital es, probablemente, la hipersaturación y la explosión de redes de trabajo, estudios y formación.

En tanto que área de formación reciente de estudios en el Tecnológico es fundamental construir una identidad y una línea de investigación. En ese sentido, el espíritu del subgrupo es, más que apostar por objetos de estudio cerrados, proponer un énfasis en los métodos creativos y la propuesta de metodologías de estudio.

La hipervisualidad y la conectividad como constantes plantean los estudios del grupo como un área de grandes retos. Dar cuenta de cómo la sociedad tiene necesidades de comunicación, para satisfacerlas crea tecnologías que dan lugar a narrativas e historias, es un punto nodal de la evolución del contexto comunicativo, social y cultural en el que vivimos.

Si acaso planteamos vincular el documental con este espacio, los retos son preguntarnos cómo se representa esa realidad y cómo el arte que utiliza elementos de registro del mundo con pretensiones de verdad se posiciona y reflexiona sobre este proceso. Es necesario encarar aspectos como el acceso a la tecnología y su know how. Ello en ambos sentidos, tanto para interactuar como comunidad de conocimiento, y también para producir conocimiento en el área de estudio.

La primera se debe a que los miembros de esta comunidad se encuentran dispersos en distintos Campus. Y la segunda porque es necesario invertir en recursos materiales para el estudio de grandes bases de datos.

Como ya lo adelantaba en el inicio de estas reflexiones, en la era de la datificación se tiene acceso a una gran cantidad de información. Su análisis es solo posible si se cuenta con las herramientas adecuadas para su procesamiento. Quizá con la aplicación a convocatorias, y la búsqueda de recursos económicos, se podría solventar este reto. La voluntad y disposición institucional también es importante para enfrentar este desafío, toda vez que, con los cambios en los planes de estudio, la necesidad de capacitación didáctica, disciplinaria y tecnológica así como los mecanismos multiplicados de interac-

ción que exigen aquellos implica una dedicación redoblada en el área docente. Y, sin embargo, los estándares solicitados para la investigación son aún más estrictos que en años anteriores.

También hay otros retos relacionadas con los fondos de investigación, la competencia que hay para obtenerlos así como los mecanismos para otorgarlos.

Una situación similar ocurre en las revistas y los editoriales incluidos en los índices in-

ternacionales: el número de artículos o propuestas que son enviados a evaluación son tan numerosas que se opta por no admitir más en un lapso que va de uno a dos años o bien, los procesos de dictaminación son lentos y los de publicación, aún más.

*Este escrito fue realizado por Maricruz Castro Ricalde, Roberto Domínguez Cáceres, Diego Zavala Scherer y Óscar Miranda Villanueva.



Ética y Florecimiento Humano

Líder: Dora Elvira García González

Panorama actual

Con la idea de mapear la situación y condición del campo de las humanidades hoy en día, valdría la pena reconocer el obstáculo que comúnmente estereotipa nuestro quehacer. Suele etiquetarse a las humanidades como saberes accesorios o secundarios, en términos de su utilidad y productividad cuantitativa, o su aporte en cuanto a la rentabilidad de sus hallazgos. La supuesta distancia entre el conocimiento científico-tecnológico, y el conocimiento humanístico, constituye en realidad una construcción discursiva que confina, de manera engañosa, a las humanidades como entorno de estudios y productos prescindibles y complementarios. En realidad, las humanidades permiten, elaboran y proveen marcos comprensivos, y, fundamentalmente, aproximaciones críticas, sobre el lugar mismo del sujeto, de las colectividades, y sobre las trayectorias y los destinos que edificamos en común.

Dicho esto, y a pesar de los estereotipos y las brechas que han supeditado el conocimien-

to que generamos desde las humanidades, es el oficio de la investigación en nuestras áreas, el medio a través del cual nuestros saberes se mantienen vigentes y se hacen vitales. La investigación humanística – específicamente la investigación que enarbolamos en nuestro GIEE desde la ética, la filosofía, la sociología y fundamentalmente desde la transdisciplinariedad-, está llamada a proveer y reposicionar alternativas –analíticamente guiadas- para la reinstauración de la dignidad, la solidaridad y la justicia como imperativo y exigencia común y compartida.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

Este Grupo de Investigación en Enfoque Estratégico GIEE, inició originalmente bajo el nombre de Transformación Social y Sostenibilidad, cuya labor se englobó en la línea de investigación en Ética, Cultura de la Paz y Sostenibilidad. A partir de 2017 el GIEE toma el nombre de Ética y Estudios de paz; y desde este año, nuestro trabajo conforma, y se



incorpora, al GIEE Ética y Florecimiento Humano. Dentro de este Grupo de Investigación contamos con las líneas: Cultura de paz, género y derechos humanos; Estudios sobre corporalidades y género; Sostenibilidad y antropoceno.

Desde sus inicios el grupo de investigación ha buscado, desde diversas perspectivas teóricas e interdisciplinarias, indagar estrategias, formas y tácticas para lograr que los procesos humanos y sociales sean sustentables en el presente y en el futuro. Así, visualiza la relevancia que tiene la generación de alternativas que permitan transformar las sociedades violentas en las que vivimos en sociedades en las que los conflictos puedan ser solucionados a partir de la construcción de situaciones de paz. También estudia el papel estratégico de recursos básicos como el agua para lograr la sostenibilidad. Por otra parte, se enfoca en la importancia que tiene para el desarrollo económico y social: la evaluación de los programas gubernamentales, la responsabilidad social, la migración y la situación de los migrantes, la transparencia, la pobreza, la desigualdad. Finalmente, investiga los fundamentos para la transformación social desde la teoría social, la educación, la articulación de lo global y lo local, y el transnacionalismo.

Fortalezas del GIEE

Nuestra gran fortaleza es la centralidad de la investigación. En nuestro GIEE entendemos la investigación como la construcción de conocimientos con relevancia social, humana y analítica. La investigación es la problematización de un fragmento de la realidad –teórica o empírica– que trasciende la simple descripción de datos y hechos, a partir de la elaboración de modelos interpretativos y comprensivos. Pero es, a su vez, la práctica que permite actualizar y reajustar estos modelos y esquemas teóricos desde preguntas novedosas, con vigencia histórica y analítica. Tiene, por tanto, toda la preponderancia académica, en cuanto es el origen del dinamismo y el pensamiento crítico en nuestras disciplinas y transdisciplinas.

El GIEE ha trabajado principalmente en torno al proyecto “Pensar la paz como ideal moral desde la tradición filosófica: responsabilidad para la acción” perteneciente al Fondo Sectorial de Investigación para la Educación

SEP- CONACYT. A partir de este proyecto se ha contribuido a la construcción de culturas de paz en México con la publicación de libros de acceso abierto en los que participaron investigadores de prestigio internacional *Enfoques contemporáneos para los Estudios de paz* y alumnos del Doctorado en Estudios Humanísticos *Razones para la paz*. Asimismo, se realizaron distintas visitas de profesores internacionales expertos en los estudios de paz bajo las *Primeras Jornadas para los estudios de paz* “La educación para la paz en tiempos de catástrofe”.

Otro de los ejes en los que estuvo trabajando activamente el GIEE fue en el vínculo entre los estudios de paz y los estudios de género, publicando el libro de acceso abierto *Matrices de paz*, en el que participaron tanto investigadores y alumnos del Tec de Monterrey, como otros especialistas reconocidos en estas áreas de investigación. En cuanto a publicaciones, se incrementaron los artículos en revistas de prestigio internacional y la edición de libros colectivos en editoriales reconocidas.

Otro proyecto internacional en que participaron distintos miembros del GIEE fue: **Students 4 Change** un proyecto financiado con fondos de la Unión Europea dentro de su programa **Erasmus+: Capacity Building in the field of Higher Education** en el que participaron 15 universidades de Europa y América Latina.

En cuanto a la vinculación con la agenda de organizaciones internacionales el GIEE cuenta con la plataforma de la Cátedra Unesco en Ética, Cultura de Paz y Derechos Humanos. El grupo de investigadores ha estado trabajando en la alineación de sus áreas de estudio con los Objetivos del Desarrollo Sostenible. Desde el GIEE en Ética y Estudios de Paz discutimos y proponemos aportes en torno a la situación de tres Objetivos de Desarrollo Sostenible: la igualdad de género, ODS 5, la reducción de la desigualdad, ODS 10, y la Paz, la justicia y las instituciones sólidas, ODS 16.

En el mes de enero acaba de lanzarse el documento UNESCO (2020) *Humanistic futures of learning: perspectives from UNESCO Chairs and UNITWIN Networks*, en el que participamos con el documento García González, D.E & Vargas Escobar, N. “Strengthening the imaginative capacity to restore the communal”.

Finalmente, como una contribución a la comunidad internacional interesada en las humanidades, se continuó editando la Revista Científica En-claves del pensamiento que fue reconocida con la categoría de Nivel Internacional por el Conacyt.

Proyectos que trascienden

El **Grupo de Investigación de Enfoque Estratégico GIEE en Ética y Florecimiento Humano** ha sido el marco en el que han confluído diferentes propuestas, sub-grupos y desarrollos en la investigación teórica y aplicada en el tema, entre ellos:

Proyecto de Investigación Científica Básica “Pensar la paz como ideal moral desde la tradición filosófica: responsabilidad para la acción” (252432). FONDO CIENCIA BÁSICA. SEP-CONACYT. Marzo 2016 – Actualmente.

Proyecto “Sentido común como virtud práctica: laboratorio multidisciplinario para la construcción de una cultura de paz” Inscrito en el programa de experimentación en innovación educativa del Tec de Monterrey. Novus 2017.

Proyecto “Caring. Entorno personal de aprendizaje para la práctica de la imaginación narrativa y una revaloración del concepto del cuidado”. Inscrito en el programa de experimentación en innovación educativa del Tec de Monterrey. En evaluación. Novus 2019.

Proyecto “Plataforma Educativa para la construcción crítica de identidades: paz y género”. Inscrito en el programa de experimentación en innovación educativa del Tec de Monterrey. En evaluación. Novus 2016.

Cátedra UNESCO de Ética, Cultura de Paz y Derechos Humanos, del Tec de Monterrey. Esta Cátedra apuesta por la plausibilidad de alternativas que diversifiquen los esquemas de injusticia, a través de mecanismos colectivos reivindicativos de la coexistencia pacífica y la construcción de culturas de paz. La Cátedra UNESCO de Ética, Cultura de Paz y Derechos Humanos, del Tec de Monterrey, se fundó en el año 2007 bajo la Dirección de la Dra. Dora Elvira García-González con un grupo de investigadores y alumnos. A partir del año 2014, luego de haber elaborado de manera colegiada distintas publicaciones, a la

preocupación por estudiar la Ética y los Derechos Humanos se añade la Cultura de Paz, con lo que el enfoque multidisciplinario se consolida y desde allí se ha continuado trabajando de manera ininterrumpida en distintas publicaciones y proyectos que se encuentran disponibles en el sitio del CECUPA. En 2017 la Cátedra fue refrendada hasta 2021.

Retos de cara al futuro

Como lo mencionamos al inicio de esta reflexión, los retos que restringen y dificultan nuestro quehacer investigativo, tienen que ver con los estereotipos con los que se juzgan a nuestras disciplinas. Entre ellos debemos atender y recuperar la cuestión sobre la fecundidad y la potencialidad de su reflexión académica fundamentada en la investigación del quehacer humanístico en general, y filosófico en particular, para visibilizar, discutir y revisar los acuerdos morales, los principios éticos y los horizontes que organizan nuestra vida como sujetos y colectividades. El espíritu crítico que subyace necesariamente en estas reflexiones, es el único recurso –o al menos el más fecundo–, para repensar, e incluso imaginar alternativas a la injusticia imperante, especialmente en nuestras sociedades latinoamericanas.

Puntualmente, el mayor reto que enfrentamos, y, por tanto, el futuro que visualizamos y se nos presenta urgente de atender en la investigación ética, filosófica y sociológica, es el desmonte de la matriz individualista, preponderante en tiempos neoliberales de radicalización de las formas más voraces del sistema económico capitalista, como el gran orientador de la acción humana. Lograr repositionar la noción de que solo somos en la medida en que hacemos parte de redes de reconocimiento recíproco, de relaciones humanas y sociales, es el mayor desafío de nuestras disciplinas actualmente. Reconocerlos como tal, y discernir nuestras responsabilidades en esta construcción colectiva de marcos de sentido que dignifiquen la condición humana, sería el alcance óptimo de nuestro quehacer. La docencia –y la enseñanza en la investigación– juega y jugará un papel preponderante en esta construcción de un horizonte común.



Investigación en Innovación Educativa

Líder: Katherina Gallardo

Panorama actual

La innovación educativa es, hoy en día, un tema global que se ha posicionado como una de las ramas de estudio de más alto interés desde los ámbitos educativo, social, económico y tecnológico. Es posible afirmar que ha pasado de ser un tema exclusivamente abordado desde la educación, a ser un tópico que se trabaja desde una perspectiva, tanto multi como interdisciplinaria. De hecho, las instituciones educativas han dejado de ser escenarios exclusivos de investigación en este tópico. Los alcances del concepto trascienden hacia los espacios y ambientes donde el aprendizaje se vuelve pieza clave para el desarrollo y la prosperidad: empresas, instituciones, comunidades, gobiernos. Es por esto que hablar de innovación educativa implica abrir la mirada hacia distintas vertientes. Miradas que requieren expandirse para ubicar el conocimiento ya generado y el que hace falta construir, para llevarlo a aplicaciones prácticas, de modo que sus efectos resulten mejor informados.

El estudio de la innovación educativa, como campo de conocimiento, está incursionando en diferentes áreas y disciplinas. En repositorios y catálogos de investigación de acceso mundial, se aprecia una cuantiosa producción científica que incluye la innovación educativa como pieza clave de estudio. Específicamente, en las dos últimas décadas la publicación de artículos y libros en formato impreso y digital, como medios más convencionales de disseminación del conocimiento en este tema, provienen con más frecuencia de disciplinas diferentes a la educación, encontrando cada vez mayor interés desde las ciencias de la salud, ciencias computacionales e ingeniería.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

Conocedores del panorama global de nuestra área de estudio, profesores investigadores abordamos este tema desde flancos interdisciplinarios. Se han conformado líneas de investigación y proyectos institucionales, nacionales e internacionales en tecnología



educativa, estudios psicopedagógicos, estudios socioculturales, gestión educativa y educación en STEM.

En **tecnología educativa**, el interés se centra en la investigación aplicada sobre su impacto en el diseño e implementación de recursos, métodos y técnicas. Se estudian temas como: alfabetismo digital, aprendizaje híbrido, remoto y/o gamificado; diseño, implementación y evaluación de MOOC y diseño e implementación de realidades extendidas. Sin duda, el abordaje de estos tópicos incluye elementos tales como los diferentes contextos y los fines formativos. Su inclusión hace posible aportar nuevos conocimientos para comprender y reconfigurar el proceso de aprendizaje y enseñanza, así como mejorar la toma de decisiones formativas.

Sobre la línea de **estudios psicopedagógicos**, partimos desde la necesidad latente de asegurar un aprendizaje significativo acorde con las nuevas tendencias, lo cual ha movido a los investigadores a entender más sobre su concepción, implantación y evaluación. Desde el campo de la psicología educativa, la innovación se está estudiando en función de una serie de tópicos diversos: la motivación, el engagement, la interacción y retroalimentación entre pares, el desarrollo de competencias docentes, entre las principales.

Respecto a los **estudios socioculturales**, la investigación se ha centrado en generar conocimiento sobre las trayectorias de aprendizaje situado, la conformación de comunidades de práctica, metodologías de inclusión educativa, formas de interacción dialógica, el desarrollo de competencias socioemocionales y de la cultura de la legalidad en ambientes educativos formales y no formales. El espíritu que une estos esfuerzos es el sentido de justicia social, al cual se puede acceder a través de estrategias de empoderamiento para grupos vulnerables y marginados, con quienes se trabaja colaborativamente en el desarrollo de nuevas prácticas educativas en escenarios formales y no formales.

Desde la perspectiva de la **gestión educativa**, los estudios se han volcado a entender, a través de diversos esfuerzos, la conformación, desempeño y resultados de las comunidades de práctica, la formación de actores educativos clave para la planeación y pro-

cesos estratégicos, el liderazgo en las instituciones y proyectos educativos, la evaluación de la calidad de la educación y la rendición de cuentas, así como el uso de información pública para la toma de decisiones.

Desde la línea de **Educación en STEM**, los estudios se enfocan a dos amplios temas: el primero es el proceso de enseñanza-aprendizaje de STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, por sus siglas en inglés). En este tema, los estudios profundizan en el entendimiento conceptual de los estudiantes, la innovación del diseño instruccional, el uso de tecnologías, y la interdisciplinariedad. El segundo es en estudios de género, con énfasis en entender la problemática de falta de equidad en áreas de STEM y proponer acciones de cambio. Con estos estudios se busca contribuir en la comprensión e innovación de la educación en las ciencias.

Fortalezas del GIEE

El estudio de la temática de innovación educativa reúne una variedad de perfiles disciplinarios, interesados en teorizar, aplicar y comprender los efectos de las diferentes variables que la integran. En consonancia con lo anterior, una primera fortaleza a resaltar sobre nuestro GIEE es la conjunción de investigadores con formaciones profesionales y de posgrado diversas, involucrados genuinamente con el interés de provocar impactos positivos con apoyo de elementos propios de la innovación educativa en sus entornos y a través de sus publicaciones.

Una segunda fortaleza es la capacidad de vinculación. Se busca el acercamiento con los sectores privados, públicos y sociales, a través de mecanismos para establecer convenios de colaboración y participar en convocatorias de fondos nacionales e internacionales, con el fin de entrelazar el conocimiento generado por la academia con dichos sectores. Además, el capital relacional que abona cada investigador es invaluable, lo cual permite trabajar en una serie de escenarios a nivel local, regional, nacional e internacional.

Una tercera fortaleza es nuestro espíritu formador, dado que los estudiantes se han integrado con sus asesores de tal forma que se generan espacios para la discusión y pro-

ducción en función de las temáticas de interés y del desarrollo de competencias para la formación de investigadores en el área.

Una cuarta fortaleza es el fomento de prácticas educativas abiertas que incentivan la difusión del conocimiento en formato abierto, lo cual permite una mayor visibilidad.

Una quinta fortaleza es la capacidad de trabajo colaborativo para transformar el entorno, desde el diagnóstico y análisis de problemas educativos que ocurren en el ámbito local, nacional e internacional, hasta el diseño, planeación y ejecución de propuestas educativas innovadoras.

Proyectos que trascienden

En estos años se han llevado a cabo una serie de proyectos de mucha trascendencia, algunos de ellos son:

Proyecto Binacional para La Gestión Inteligente de la Sustentabilidad Energética y la Formación Tecnológica. Es uno de los proyectos de mayor trascendencia en el Tec de Monterrey por su alcance e impacto de las actividades de investigación en torno al tema de sustentabilidad, en el cual participaron varias escuelas a nivel nacional. En el caso de este GIEE, los investigadores y estudiantes de doctorado participaron en la conformación de redes internacionales para la colaboración en el tema, así como en procesos de indagación alrededor de los 12 cursos en línea masivos y abiertos producidos y ofertados a través de la plataforma MéxicoX, teniendo un impacto de más de 40 mil participantes nacionales y extranjeros de habla hispana. La producción científica del proyecto ha logrado un total de seis tesis doctorales, la publicación de 23 artículos en revistas de alto impacto, 33 ponencias en congresos nacionales e internacionales, 12 estancias de investigación internacionales y 3 libros de investigación en coautoría con expertos del área.

Proyecto SEP/SEB-CONACYT Se llevó a cabo en diferentes localidades de Sonora. El objetivo fue realizar un diagnóstico de la integración de computadoras MX en las prácticas pedagógicas de los docentes de educación primaria, con la intención de documentar casos y recomendar acciones de seguimiento en la formación de sus competen-

cias tecnológicas. El equipo de investigación produjo un libro, un artículo y tres ponencias publicadas.

El proyecto INEE-CONACYT se llevó a cabo en Sonora. El objetivo fue evaluar los procesos de acompañamiento (tutoría) que reciben los profesores de nivel primaria que se encuentran en el período de inducción, con el propósito de identificar los elementos de la vida escolar que representan retos profesionales y que intervienen en la definición de su identidad docente y estilo de enseñanza. Se cuenta con dos ponencias en congresos y un capítulo de libro publicado.

Proyecto Inmujeres-Conacyt. Este proyecto se llevó a cabo en Escobedo, N.L y Tijuana, B.C. en alianza con el DIF y el Proyecto Salesiano Tijuana. El objetivo fue desarrollar competencias digitales y de emprendimiento en mujeres en situación de vulnerabilidad social, educativa y económica. El equipo de investigadores completaron el proceso de aprendizaje de un total de 108 mujeres. Cuentan con dos ponencias aceptadas y un libro publicado.

Proyecto British Council “Design and implementation of a FabLab in a marginalised district in Monterrey, Mexico: An innovative educational experience comprising multi-disciplinary work for Higher Education students”. En este proyecto se conjuntaron esfuerzos para implementar un laboratorio comunitario de fabricación digital, Fab Lab, en el polígono Distrito Tec. El taller fue dirigido por investigadores educativos británicos de la Universidad de Bath, la Universidad de Leeds y The Open University, así como del Tec de Monterrey. Se trabajó en las áreas de educación en áreas STEM, fabricación digital y diseño participativo. El Fab Lab sigue operando en el polígono Campana-Altamira atendiendo a más de 60 alumnos del CBTis 99, 80 alumnos de servicio social del Tec de Monterrey y 30 alumnos de primarias públicas. A través de él se ha mejorado el sentido de comunidad y dignidad humana de los habitantes de la zona, formando una conciencia crítica de empoderamiento para resolver problemas comunitarios.

Proyecto Erasmus+W-STEM Building the future of Latin America: engaging women into STEM es un proyecto que cuenta con financiamiento por tres años por parte de la Unión

Europea ERASMUS+ Capacity-building in Higher Education Programme. Los principales objetivos son analizar la participación de las mujeres en Latinoamérica en áreas STEM; mejorar la administración y operación de la educación superior en cuanto al acceso y democratización, y promover estrategias y mecanismos de atracción, acceso y guía de mujeres latinoamericanas en programas de educación superior en áreas STEM. En este proyecto participan 15 universidades, 5 de Europa y 10 de Latinoamérica.

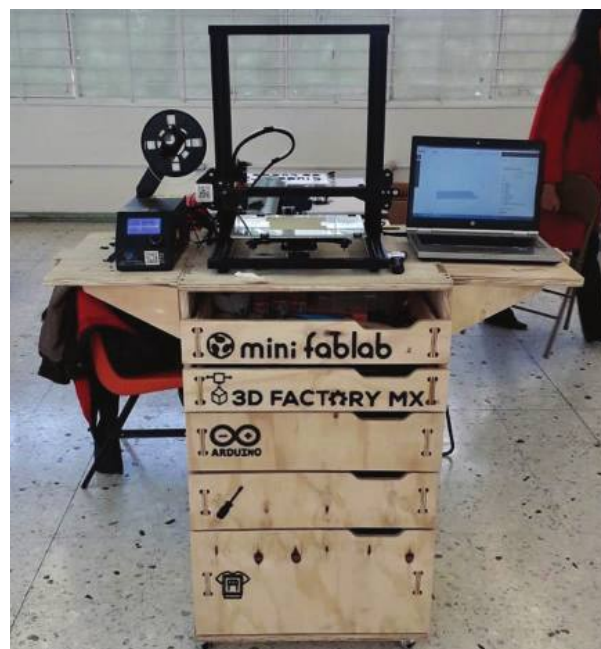
Retos de cara al futuro

Vislumbramos cuatro grandes retos para nuestra labor en los siguientes años. En primer lugar, la conducción de investigación inter y multidisciplinar que coadyuve a la generación de más y mejor conocimiento sobre innovación educativa en diferentes disciplinas, trascendiendo el ámbito áulico y en consonancia con la utilización de nuevas tecnologías para el aprendizaje.

En segundo lugar, la integración de nuevas tendencias educativas para enriquecer los posgrados desde la investigación nos permitirá sostener un plan de estudios actualizado y orientado a la resolución de problemas en la práctica formativa. En tercer lugar está la transferencia de conocimiento a soluciones educativas que incidan positivamente en poblaciones con necesidades educativas y contextos sociales, culturales y económicos diversos.

En cuarto lugar, la vinculación con la empresa es un área que implica grandes retos. Es necesario contar con vinculaciones empresariales que coadyuven con recursos humanos y financieros a dar impulso a la integración de soluciones a la sociedad. Así mismo, la empresa dedicada al desarrollo de soluciones educativas, requiere basar sus decisiones con mayor precisión en investigaciones científicas. De esta forma, el GIEE aporta conocimiento en función de indagaciones necesarias para la toma de decisiones empresariales.

El futuro para la investigación en innovación educativa se vislumbra con grandes retos en cuanto a la generación de nuevo conocimiento y mayores desafíos hacia el logro de la transferencia y su aplicación en diversos contextos. Sin duda, el ritmo acelerado de los avances tecnológicos aplicados al campo educativo es uno de los mayores desafíos. Los investigadores están llamados a generar proyectos significativos y pertinentes a la par del vasto despliegue de tendencias e innovaciones que se presentan a nivel global. Esta característica que configurará nuestra labor en los siguientes años, permite inferir la importancia que tendrán nuestras aportaciones, en aras de coadyuvar a la comprensión y la orientación que deberán tomar los modelos y sistemas educativos.



Escuela de Ingeniería y Ciencias

Nuestro objetivo es convertir el conocimiento científico en soluciones innovadoras que resuelvan los grandes retos actuales a través de un ecosistema de investigación basado en la creación de redes de colaboración interdisciplinarias.

Ciencia y Tecnología del Agua

Líder: Jürgen Mahlknecht

Panorama actual

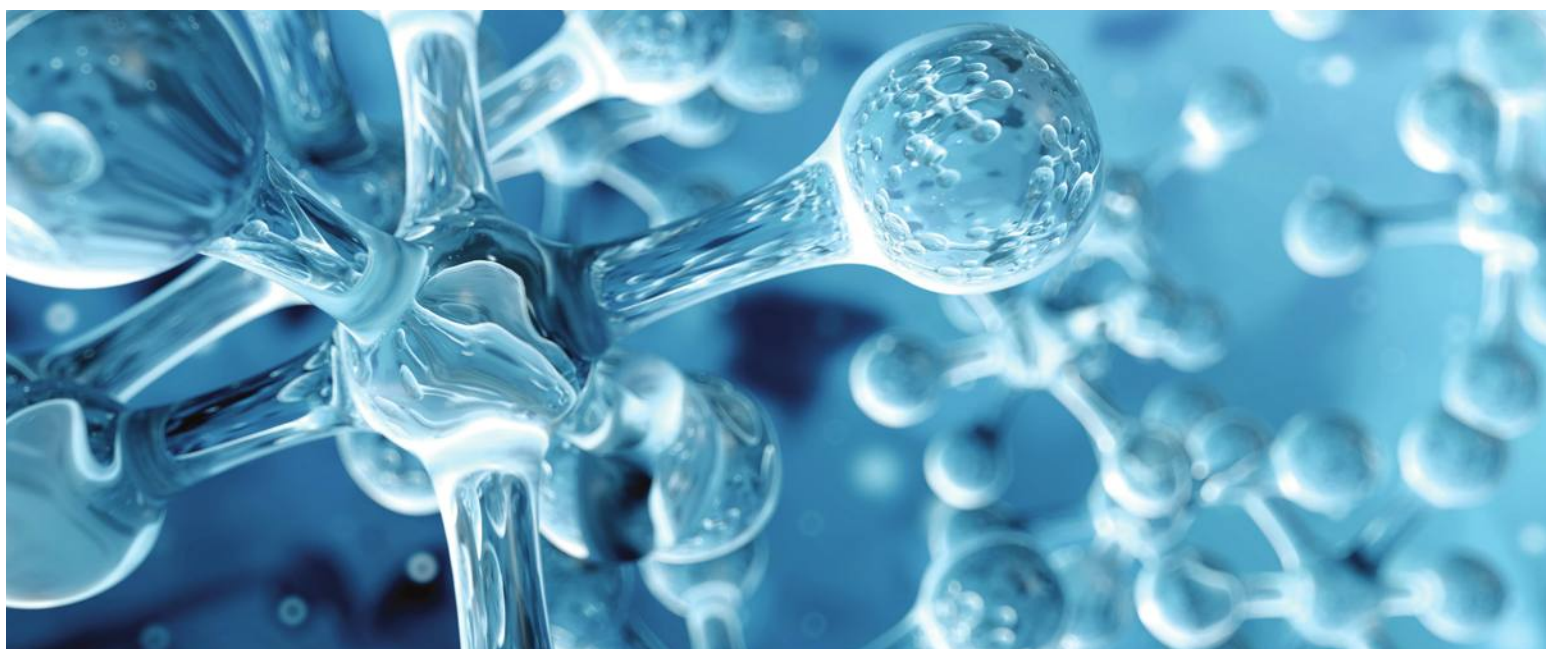
La disponibilidad cuantitativa y cualitativa del agua está en el centro del desarrollo de las sociedades, sus economías y los ecosistemas. Es decir, la propia sobrevivencia humana depende de la buena gobernanza que se haga del recurso y, más específicamente, de las respuestas a los retos más apremiantes, entre los que se encuentra el cambio climático.

Del agua que técnicamente está disponible para consumo humano, sólo una pequeña porción se encuentra en lagos, ríos, humedad del suelo y depósitos subterráneos relativamente poco profundos, cuya renovación es producto de la infiltración. Mucha de esta agua teóricamente utilizable se encuentra lejos de las zonas pobladas, lo cual dificulta o vuelve imposible su utilización efectiva. Se estima que solamente el 0.77% se encuentra como agua dulce accesible al ser humano.

La cantidad disponible se reduce año tras año debido al incremento en el uso y la con-

taminación. De acuerdo con el World Water Development Report 2019, de las Naciones Unidas, más de 2.1 billones de personas en el mundo carecen de acceso directo a fuentes de agua potable. Millones de mujeres y niños deben caminar más de 10 kilómetros diarios para conseguir agua potable. Unos 2 mil niños menores de cinco años mueren en el mundo a diario, víctimas de enfermedades diarreicas relacionadas con la falta de acceso al agua potable, saneamiento adecuado e higiene. Se estima que 2.3 billones de personas carecen de servicios básicos de saneamiento, especialmente en el ámbito rural, 70% de su población.

Cabe destacar la creciente concentración de la población en zonas urbanas. Por el contrario, la población rural, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo, tiende a estabilizarse o disminuir. La presión de las ciudades sobre el ambiente es importante: en la medida en que se agoten los recursos hídricos fácilmente disponibles, las ciudades tendrán que obtener agua a mayores distancias, extraerla de mayores profundidades, o depender de tecnologías avanza-



das para desalinización o reúso de agua. Las crecientes transferencias de agua rural a las ciudades que se han venido registrando requerirán de un diseño más cuidadoso en el futuro. El Reporte de Riesgos Globales 2019, del Foro Económico Mundial, subraya que varios de los riesgos más pronunciados están asociados con el agua.

En México al igual que en otros países, la población, el agua renovable y el PIB presentan disparidades muy marcadas a nivel regional. Las regiones del sureste presentan dos terceras partes del agua renovable en el país, con una quinta parte de la población que aporta la quinta parte del PIB nacional. Las regiones del norte, centro y noroeste cuentan con solamente una tercera parte del agua renovable en el país, pero representan cuatro quintas partes de la población y de la aportación regional al PIB nacional. Considerando el agua renovable per cápita, la disponible en las regiones del sureste es siete veces mayor que la disponible en el resto de nuestro país.

En lo que se refiere a la cobertura de servicios de agua potable en nuestro país, datos de la Comisión Nacional del Agua (Estadísticas del Agua en México, 2018), el 95.3% de la población tiene acceso a agua entubada - 97.8% a nivel urbano y 87.0% a nivel rural. El 94.4% de la población tiene toma domiciliaria en la vivienda o predio. A pesar de que dichos porcentajes de cobertura son significativos, si se considera la población actual, resulta que todavía más de 6 millones de personas carecen de este servicio básico. El desafío no es menor ya que dicha población supera la de algunos países del continente. Además, es importante recalcar que no toda el agua que llega a los hogares mexicanos es potable ya que en la mayoría de los casos solo se incluye un proceso de desinfección que no necesariamente garantiza el carácter potable, especialmente cuando las fuentes de agua tienen presencia de metales pesados o contaminación por pesticidas.

En relación con la cobertura de saneamiento es importante precisar que esto implica no solamente coleccionar el agua residual en el sistema de alcantarillado, sino también su tratamiento. En México, aproximadamente el 92% del agua residual que se genera en los centros urbanos se colecciona en los sistemas de alcantarillado, de los cuales solo se tra-

ta alrededor del 65%. Esto significa que todavía 50% del agua residual que se genera en nuestro país a nivel urbano y rural se retorna al ambiente sin ningún tratamiento, ni control alguno. Desde luego, esta situación tiene un impacto directo en la calidad de vida de alrededor de 65 millones de personas, y pone una enorme presión en el gasto social que el país realiza para el tratamiento de enfermedades gastrointestinales.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

El GIEE de Ciencia y Tecnología del Agua realiza diferentes actividades relacionadas con la gestión de los recursos hídricos y la ingeniería para el manejo sostenible del agua, en las siguientes áreas: procesos hidrológicos enfocado a la gestión del recursos hídricos en el ámbito de cuenca; procesos avanzados para el tratamiento y reúso del agua y de las aguas residuales domésticas e industriales; química del agua y nanotecnología ambiental enfocada al desarrollo de nuevos materiales y materiales avanzados, y geoprocesos ambientales enfocados al estudio del impacto ambiental de las actividades humanas en los cuerpos de agua (acuíferos, ríos, esteros, mar).

Fortalezas del GIEE

Somos expertos en las diferentes líneas de investigación de ciencia y tecnología del agua. Contamos con la infraestructura necesaria para realizar nuestro trabajo: laboratorios, sistemas de cómputo y el Núcleo Estratégico de Decisiones. También contamos con posgrados alineados a nuestros objetivos, como la Maestría en Ciencias de la Ingeniería, Maestría en Nanotecnología, Doctorado en Ciencias de la Ingeniería, Doctorado en Nanotecnología. Todos los investigadores participantes en el GIEE cuentan con reconocimiento ante el Sistema Nacional de Investigadores, Conacyt, y tenemos importantes alianzas estratégicas con actores importantes del sector.

Proyectos que trascienden

Seguridad Hídrica en Ciudades del Norte de México: Un enfoque sistémico para la gestión hídrica bajo condiciones extremas del

clima (FORDECyT/CONACyT 2019-2021).

Esta investigación tiene como objetivo elaborar una propuesta sistémica para aumentar la seguridad hídrica en las ciudades de Monterrey y Hermosillo, vulnerables a eventos climáticos extremos, cuya disponibilidad de agua es un tema de interés y seguridad nacional, dado su carácter geoestratégico y contribución socioeconómica para el país. Las universidades participantes son el Tec de Monterrey, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Tecnológico de Sonora, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Plan Hídrico Nuevo León 2050 (Fondo del Agua Metropolitano - FAMM).

Fue un plan desarrollado desde 2016 hasta 2018. Su objetivo fue el desarrollo del plan hídrico del estado de Nuevo León con una perspectiva futura hacia 2050, incorporando las dimensiones de: agua en el medio urbano, agua en el medio rural, agua para la agricultura, aspectos ambientales. Se dio un especial énfasis al aseguramiento del abastecimiento futuro de agua potable para el área metropolitana, incorporando enfoques innovadores para generar soluciones resilientes y se constituyeron en carteras de proyectos robustos ante un futuro incierto. Para la propuesta en el medio urbano se aplicó en concepto de toma de decisiones robusta, también conocida como análisis en incertidumbre profunda. Los participantes son Tec de Monterrey, FAMM, Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey, Consejo Nuevo León, Comisión Nacional del Agua.

WaterClima-LAC Gestión de zonas costeras

Con el fondo EuropeAID se desarrolló un proyecto (2014-2018) con el objetivo de contribuir a la lucha contra la pobreza y las desigualdades sociales en la región de América Latina y el Caribe, LAC, mejorando la gobernanza medioambiental y la gestión de las áreas costeras de tal manera que contribuyan a un crecimiento económico eficiente, inclusivo y sustentable. Este proyecto fue implementado como consorcio entre el Tec de Monterrey, CATIE, CTM, CONIC, WE&B, AMPHOS, CAD, INTEC, Université Quisqueya, Fundación Chile y EFB.

Establecimiento de un Centro de Decisiones para el Manejo Efectivo de Recursos Hídricos en América Latina y el Caribe (Banco Interamericano de Desarrollo, Fundación FEMSA).

El Tec de Monterrey participó (2014-2018) para contribuir al establecimiento de una plataforma de desarrollo de capacidades y difusión de conocimientos para el manejo y utilización de los recursos hídricos en América Latina y el Caribe.

Aprovechamiento y Explotación del Desarrollo "Sistema In situ para el Tratamiento Térmico Aeróbico de Residuos Orgánicos Biodegradables".

Con el fondo Programa AVANCE-CONACYT, El Tec de Monterrey desarrolló (2009-2011) una estrategia comercial, legal y tecnológica para facilitar la explotación y/o asimilación del sistema insitu para el tratamiento térmico aeróbico de residuos orgánicos biodegradables en viviendas, restaurantes, hospitales, industrias de alimentos, agroindustrias, explotaciones pecuarias y rastros municipales.

Retos de cara al futuro

El GIEE observa los siguientes retos y áreas de oportunidad:

- Reducción de la disponibilidad natural media del agua por el cambio en los patrones climáticos, la deforestación, el incremento poblacional y la contaminación puntual y difusa de las fuentes de agua.
- Incremento de la demanda de agua a nivel urbano e industrial.
- Sobreexplotación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos que afectan su calidad.
- Deterioro de la infraestructura hidráulica urbana e hidroagrícola y la falta de mantenimiento de la misma.
- Presión para lograr la cobertura universal de los servicios de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.
- Reducción de las eficiencias de conducción y aplicación del agua en la agricultura por falta de inversión y apoyo gubernamental en el sector hidroagrícola.
- Incremento de la presencia de contaminantes emergentes: fármacos, hormonas, productos de cuidado personal,

colorantes y pesticidas, entre otros, en los cuerpos de agua.

- Incremento de la contaminación biológica y por nutrientes de cuerpos de agua superficiales, subterráneos y esteros.
- Expansión urbana y su impacto en el uso de los recursos hídricos y en el drenaje pluvial.
- Necesidad de aumentar las eficiencias hidráulica y energética de los servicios de agua y saneamiento y empresas.
- Deterioro de los recursos hídricos (calidad y cantidad) en los cuerpos de agua.

- Contaminación difusa y sistemas ineficientes de irrigación en la agricultura.

Ante los retos anteriores, el presente y futuro de nuestro país plantean un panorama lleno de desafíos que requieren soluciones holísticas basadas en las seis aristas de la sostenibilidad: social, económica, ambiental, institucional, infraestructural y política.

Sin duda, los expertos del GIEE pueden contribuir sustancialmente en generar dichas soluciones mediante la formación de recursos humanos, la realización de investigación y ciencia de frontera, la innovación y el desarrollo tecnológico.



Fotónica y Sistemas Cuánticos

Líder: Julio César Gutiérrez

Panorama actual

Es un grupo multidisciplinario de investigadores orientados a la ciencia fundamental y sus aplicaciones con énfasis en tres líneas principales: Óptica, Sistemas Cuánticos, y Electroquímica. El área de Óptica/Fotónica, parte de la premisa de que el estudio de la luz ha tomado un papel preponderante en muchos descubrimientos científicos a lo largo de la historia. Actualmente las tecnologías basadas en luz pueden ser encontradas en casi cada rincón de nuestra vida diaria. En la descripción clásica, un campo óptico puede ser caracterizado en términos de su intensidad, fase, vector de propagación, longitud de onda, polarización y coherencia, por mencionar algunas. La correcta manipulación de estas características permite el desarrollo de novedosas tecnologías, por ejemplo: incrementar la capacidad en telecomunicaciones, comunicación segura o la micromanipulación. En la actualidad, un híbrido entre el área de luz estructurada y la mecánica cuántica empieza a madurar, proponiendo soluciones para realizar diversas tareas

en el régimen de fotones individuales. El uso de fotones estructurados ha sido empleado satisfactoriamente para implementar algoritmos cuánticos, súper resolución y criptografía cuántica, por mencionar algunas. Un área en desarrollo es la ciencia y tecnología de circuitos fotónicos integrados que busca integrar estructuras en cristales utilizando escritura laser. La utilización de modos espaciales de luz, así como el control de los distintos grados de libertad de un campo electromagnético, como lo son su polarización y coherencia espacial es cada vez mayor por parte de grupos bien establecidos en áreas de óptica cuántica. Adicionalmente, la aplicación del fenómeno de plasmones superficiales para el desarrollo de sensores sigue en desarrollo y ofrece amplias posibilidades para el establecimiento de colaboraciones dentro y fuera de la institución. En cuanto a Sistemas Cuánticos, la computación cuántica es una disciplina científico-tecnológica que está en pleno crecimiento. La inversión anual en capital humano y recursos financieros gira derredor de los miles de millones de dólares. El área se concentra en desarrollo de hardware por parte de empresas como



IBM, Microsoft, Google y D-Wave, así como en algoritmos que son construidos por grupos de investigación en universidades, centros de investigación y el ecosistema empresarial. El área de información cuántica propone actualmente varias líneas centrales de desarrollo: la generación de algoritmos de procesamiento universales o al menos de ciertos problemas NP para ser mapeados a otros tipos de problemas, el desarrollo de sistemas físicos materiales para ser utilizados como recursos de procesamiento, y la definición de versiones de procesamiento cuántico diferentes: por compuertas, adiabático, entre otros. En propagación no lineal, el estudio de solitones u ondas que no se deforman al propagarse en medios no lineales, es de gran interés actual en muchas áreas de la ciencia. En particular, los solitones ópticos, tanto espaciales como temporales, tienen gran actividad de investigación en las áreas de fotónica y nanotecnología debido a sus potenciales aplicaciones en futuras tecnologías ópticas y cuánticas. Durante el 2018 y 2019, más de mil artículos de investigación fueron reportados en Scopus. Actualmente, una gran parte de los estudios se centran en la combinación no solamente de propiedades dispersivas y no lineales, sino, de incluir un factor de pérdidas o ganancias al sistema. Actualmente se siguen investigando diversos mecanismos de estabilización de los solitones, así como la generación experimental de solitones en nuevos materiales. Por otro lado, en cuanto a Electroquímica, sabemos que el incremento en el consumo de energía y el calentamiento global han impulsado la producción de H₂ por electrólisis del agua como acarreador de energía de alta densidad energética (120 MJ/kg) y medio de almacenamiento para energías renovables, ya que su uso no genera gases de efecto invernadero de forma directa. La mayor limitante de estas tecnologías es su dependencia de metales nobles como el platino para poder catalizar las reacciones electroquímicas de interés, lo cual eleva su precio. Como el platino es un metal costoso y escaso, el área de estudio sobre electrocatálisis para aplicaciones energéticas se ha enfocado a tres aspectos principales: la reducción de su consumo y el reemplazo del platino y otros metales nobles por aleaciones con otros metales de transición más abundantes, la generación de catalizadores nanoestructurados, cuya escala ofrece el incremento del área activa en uno o dos órdenes de mag-

nitud con un incremento proporcional en su actividad electrocatalítica, y la identificación de los principios fundamentales que determinan la actividad catalítica de un material. Por lo anterior podemos concluir que a nivel nacional esta área tiene mucho impacto y se realiza a través de centros de investigación especializados a lo largo de todo el país. Existen grupos de investigación en óptica dentro de las mejores universidades por lo que podemos afirmar que la comunidad óptica es la más numerosa dentro de las comunidades científicas en ciencias físicas del país. A nivel internacional la situación es similar, el tema de óptica y fotónica es indispensable en todas las disciplinas y actualmente está tomando mucha relevancia en tecnologías actuales y futuras, como lo es la fibra óptica, sistemas de realidad virtual y tecnologías cuánticas.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

Las áreas de investigación del campo Óptica/Fotónica son tres: Moldeo de haces ópticos por medio de moduladores espaciales de luz y otros elementos ópticos pasivos. Estudio y aplicación de modos con momento angular orbital para la implementación de protocolos de información cuántica, y resonancia de plasmones superficiales para censado. Las tres áreas impactan positivamente a la investigación dentro del Tecnológico y permiten el establecimiento de colaboraciones con otros grupos de investigación dentro de la misma institución, un claro ejemplo es la utilización del fenómeno SPR para censado en colaboración con el grupo de la Dra. Nancy Ornelas del Centro del Agua. La implementación de protocolos de información cuántica tiene un potencial impacto en el desarrollo e implementación de protocolos cuánticos para la transmisión de información de manera segura. Finalmente, el perfeccionamiento de haces puede ser utilizado para mejorar otras técnicas de estudio y caracterización como en microscopía. Adicionalmente, se ha trabajado en la implementación de algoritmos cuánticos usando luz estructurada, así como en la generación de haces acondicionados bajo demanda. Además, se cuenta con infraestructura adecuada, con un equipo de laboratorio óptico para profundizar su estudio. Dentro del trabajo de investigación se analizan las propie-

dades cuánticas de los sistemas donde se almacena información, particularmente la cuantificación de entrelazamiento cuántico. Igualmente se desarrollan algoritmos para resolver problemas aplicados y se consideran las propiedades físicas para la implementación. Dentro de la línea de investigación en propagación no lineal, se han publicado más de 20 artículos referentes a solitones ópticos. En particular, se ha enfocado en la generación de diversas técnicas computacionales, tales como métodos especializados de relajación y uso de meta-heurísticas como algoritmos genéticos y evolución diferencial, para generar nuevas estructuras auto-atrapadas. De manera similar, se ha concentrado en el estudio de solitones en aquellos medios en donde el índice de refracción depende de la vecindad de diversos puntos en donde incide el campo óptico: los medios no locales. Se ha tenido colaboración que ha resultado en diversas publicaciones en Q1 y Q2, con grupos de investigación de la Universidad Nacional Australiana, la universidad de Tel Aviv en Israel, y el Instituto de Ciencias Fotónicas en España.

En el área de Electroquímica el enfoque es la producción electroquímica de nanoestructuras de aleaciones binarias y ternarias de metales de transición cuya actividad electrocatalítica es comparable o que supera la de metales nobles como el platino con base en la maximización de en un conjunto de propiedades: tamaño de partícula, morfología y área superficial cuya combinación incrementa la actividad electrocatalítica observada. La metodología para la producción de superficies con actividad electrocatalítica es simple y de bajo costo. Los materiales generados pueden presentar actividad electrocatalítica no sólo para la electrólisis del agua sino también para la oxidación directa de alcoholes, lo que extiende la utilidad de estos materiales. Actualmente la línea de investigación busca, además de la aplicación práctica de los depósitos, describir aspectos fundamentales involucrados en las etapas de nucleación y crecimiento de los depósitos a fin de entender las variables que determinan las propiedades del producto final. Se ha desarrollado la base experimental que permite llevar a cabo la preparación y caracterización de la actividad electroquímica de los depósitos de nanoestructuras metálicas. Un número de publicaciones y participación en congresos avalan el expertise del grupo. De

forma paralela estamos trabajando en una descripción fundamental de los procesos de nucleación y crecimiento de electrodepósitos por métodos galvanostáticos y la validación de la efectividad de las formulaciones de aleaciones que se están explorando actualmente mediante la construcción de prototipos a escala. Fortalezas del GIEE El Grupo de Enfoque Estratégico en Fotónica y Sistemas Cuánticos está formado por 10 profesores investigadores multidisciplinarios, tanto teóricos como experimentales que trabajan en líneas de investigación actuales y de buen impacto científico. Este equipo de investigadores mantiene lazos de colaboración con colegas de otras instituciones. Existe una infraestructura adecuada de equipo computacional para realizar las simulaciones que, generalmente, demanda mucho tiempo y también se cuenta con un par de laboratorios que actualmente se encuentran en una fase de en amplio crecimiento. En particular, el grupo de óptica es reconocido mundialmente por su trabajo teórico y experimental, proponiendo nuevas familias de haces que abren la puerta a nuevas tecnologías. En la actualidad, el grupo está bien consolidado, cuenta con experiencia en la generación y medición de haces estructurados usando diversas herramientas como pantallas de cristal líquido, dispositivos digitales de microespejos, q-plates y mascarillas de fase espiral. Referente a Tecnologías cuánticas es uno de los primeros grupos en el mundo en estudiar los efectos cuánticos en sistemas no hermíticos, esto nos permite predecir de mejor manera los resultados experimentales que se pueden obtener en las simulaciones cuánticas de estos sistemas.

Proyectos que trascienden

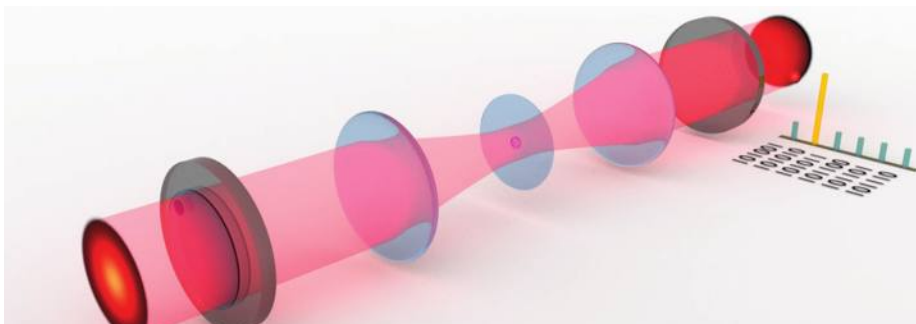
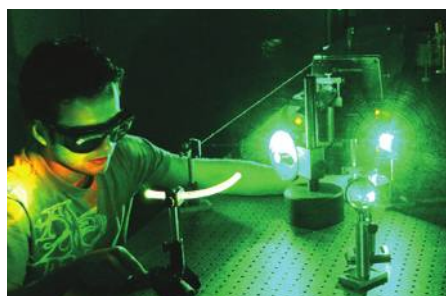
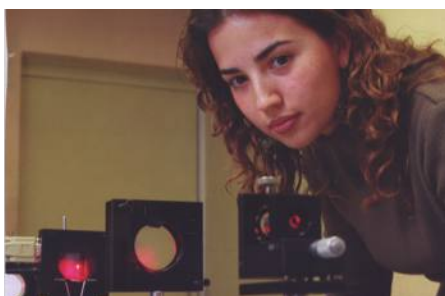
En el área de información cuántica, se trabajó en conjunto con la Universidad de Witwatersrand, en el estudio del entrelazamiento clásico. En este proyecto se observó que en ciertos casos la naturaleza no puede diferenciar entre fenómenos clásicos o cuánticos, en particular, esto ocurre con el entrelazamiento clásico. Es importante mencionar que, en este estudio, se presentó la primera comparación "lado a lado" del entrelazamiento clásico y cuántico. Esta investigación se publicó en la revista Nature Physics en el 2017. Todos los proyectos asociados a la línea de investigación de luz estructurada han trascendido en términos de colaboraciones y publica-

ciones. Se ha desarrollado mucha teoría en torno a la modulación espacial de luz láser, así como en métodos experimentales para su implementación. Esta línea ha generado dos proyectos relevantes: Proyecto de Laboratorio Nacional de Materia Cuántica, y Proyecto para la convocatoria de Problemas Nacionales 2017. En el área de electroquímica han trascendido las investigaciones sobre la síntesis electroquímica de nanodepósitos de NiPt para la electrólisis del agua. Por último, se debe mencionar que el proyecto de ciencia básica en Conacyt, titulado "Diseño y control de sistemas ópticos a través de efectos no lineales y no locales utilizando haces invariantes y acelerantes" tuvo gran impacto en la investigación de solitones, ya que fue una fuente clave de financiamiento para el apoyo, tanto de alumnos como de investigadores, para adquirir equipo computacional, así como para poder asistir y compartir sus investigaciones en diversos congresos, en países como Estados Unidos, China, Perú y Japón.

Retos de cara al futuro

Este grupo de investigación vislumbra algunos retos, como el desarrollo de tecnologías cuánticas utilizando conceptos de óptica y fotónica; la resolución de problemas aplicados mediante el procesamiento cuántico a partir de su codificación sobre un sistema cuántico; la generación y detección eficien-

te de fotones; la implementación de algoritmos cuánticos para la factorización en números primos y el desarrollo de estrategias para medir la separabilidad de un estado, entre muchos otros. También se puede anticipar el uso de tecnologías híbridas donde sistemas cuánticos y clásicos trabajen de manera conjunta para obtener lo mejor de ambos mundos. Con esto, se podría pensar, por ejemplo, en un incremento de ancho de banda significativo (clásico), mientras que la transferencia de información es intrínsecamente segura (cuántico). Dichos conceptos deberán ser explorados en los canales típicos para transferir datos: fibra óptica, atmósfera y bajo el agua. El área de solitones ópticos es muy fértil y se predice que por lo menos durante unos 10 años más así siga. Además, se espera un amplio incremento en las aplicaciones prácticas de los solitones ópticos en diversas tecnologías, tales como telecomunicaciones y compuertas lógicas. Para atacar estos retos es necesario desarrollar modelos teóricos e implementarlos experimentalmente en nuestro laboratorio tanto a nivel de luz clásica como a nivel de fotones individuales. Los avances en cuanto a las técnicas de caracterización de nanomateriales y el desarrollo de los cálculos computacionales y data mining en ciencia e ingeniería de materiales sugieren que es cada vez más alcanzable un diseño dirigido de electrocatalizadores que reemplacen a los actualmente basados en platino.



Innovación de Productos

Líder: Arturo Molina

Panorama actual

La Innovación de Productos forma parte de los tipos de innovación definidos en el Manual de Oslo (OCDE 1992). Los cuatro tipos de innovación definidos son innovación de mercadotecnia, proceso, producto y organización (modelo de negocio). En el GIEE Innovación de Productos hemos tomado como principio fundamental el buscar un enfoque a mercado y centrado en los usuarios, identificando claramente sus necesidades de innovación, no sólo de productos, sino de mercado, procesos y de organización, para que éstos tengan un mayor impacto y sean altamente competitivos en los mercados nacionales y globales.

Si se trata de una innovación de mercado, buscar nuevos materiales, empaques y aprovechar las nuevas tecnologías de información (ciencia de datos, inteligencia artificial, digitalización) para entender mejor el comportamiento del consumidor y satisfacer más rápidamente sus demandas. En el caso de una innovación en procesos de empresas (desarrollo de producto, producción, comercialización y ventas, administración de cadena de suministro, o entrega de servicios),

identificar las tecnologías de producto, producción e información que tengan impacto en mejorar los indicadores de calidad, capacidad de producción, tiempos, costos y flexibilidad.

Para lograr las innovaciones de producto se trabajan ciclos más cortos de generación de ideas, utilizando nuestros laboratorios de innovación abierta para desarrollar rápidamente nuevos conceptos de productos innovadores basados en nuevos materiales y utilizando tecnologías de comunicación e información para que los productos tengan funcionalidades de ser sensibles al contexto utilizando sensores; más inteligentes: incrementando sus capacidades de procesamiento y utilizando Inteligencia Artificial; sostenibles: económicos y amigables con el ambiente y también sociales: conectados con el usuario y su contexto.

Finalmente, identificar para las empresas nuevos modelos de negocio que aprovechen las tecnologías de redes sociales, digitales y de bases de datos para ser disruptivos, aplicar los principios de economías compartidas y empresas conscientes para impactar positivamente a la sociedad, así como utilizar tecnologías de avanzada como nanotecnología.



logía, biotecnología, ciencias cognoscitivas y tecnologías de información y comunicación (NANO-BIO-COGNO-INFO) en sus productos, servicios y procesos de negocio.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

Para afrontar los grandes retos actuales, el GIEE ha definido seis áreas estratégicas y prioritarias que se deben atender para proponer soluciones con alto valor social a través de implementaciones de nuevos productos de base tecnológica: Salud, Educación, Manufactura, Agricultura, Energía y Urbanización.

La investigación relacionada con la Innovación de Productos está enfocada con la definición de modelos de referencia, metodologías, métodos y el uso de tecnologías para realizar el proceso de desarrollo de productos a través de todo su ciclo de vida de una forma eficiente y efectiva, asegurando cada uno de los requerimientos del cliente, cumpliendo con la funcionalidad del producto y satisfaciendo los estándares de calidad, costo y diseño.

Hemos desarrollado un modelo de referencia para el Desarrollo Integrado de Productos, Procesos, Sistema de Manufactura y Creación de Empresas llamado IPPMD (Integrated Product, Process and Manufacturing System Development) que incluye los conceptos de:

- Ciclo de vida: ideación, desarrollo básico, desarrollo avanzado, lanzamiento, reúso/reciclaje.
- Ingeniería concurrente: realización de actividades de forma simultánea para reducir tiempos y costos.
- Metodologías para cada etapa del ciclo de vida, por ejemplo, Análisis de las Megatendencias, Inteligencia Competitiva, Pugh Charts, Design Thinking, Descomposición Funcional, Matriz Morfológica, QFD – Quality Function Deployment, TRIZ, Matriz PRIMA y selección de Procesos de Manufactura, Group Technology, VSM – Value Stream Mapping, Cálculos Costo.
- Tecnologías de información que apoyan el proceso total (CAD, CAM, CAE, FMEA, LCA, PLM-Product Lifecycle Management, Simulación, CAPP, Rapid Prototyping).

Al aplicar este modelo de referencia, se acorta el proceso de diseño y desarrollo de productos innovadores, se aceleran los ciclos de mejora del producto y se crean prototipos funcionales más fácilmente. Por otro lado, se ha definido el concepto de S3 + S (Sensing, Smart and Sustainable) + (Social), que incluyen productos, procesos, sistemas de manufactura y empresas. Con guías para desarrollar diferentes niveles de satisfacción permitiendo establecer criterios claros de sensores, inteligencia y sostenibilidad, con el cumplimiento de las expectativas de los usuarios y alcanzando impacto social.

Fortalezas del GIEE

Un gran valor del GIEE es que los integrantes pertenecen a múltiples disciplinas incluyendo las áreas de diseño, ciencias computacionales, ingeniería mecánica, ingeniería eléctrica, ingeniería de materiales, ingeniería industrial, ingeniería mecatrónica, entre otras. Lo que permite abordar las oportunidades de innovación con un enfoque multidisciplinario y transdisciplinario.

Contamos con experiencia en una gran diversidad de proyectos realizados en múltiples industrias de los sectores de manufactura: cemento, acero, vidrio, plásticos, automotriz, energía; y servicios: turismo, transporte, salud, educación; así como trabajos de consultoría para gobiernos de diversos países y agencias de financiamiento: BID, Banco Mundial y ONU, por mencionar algunos. Por otro lado, la infraestructura existente del Laboratorio de Innovación Abierta, Laboratorio Binacional de Sustentabilidad Energética, y los laboratorios del CEDETEC nos permite contar con las plataformas tecnológicas más avanzadas para el desarrollo rápido de productos innovadores.

Proyectos que trascienden

El **Laboratorio binacional de sustentabilidad energética** es un proyecto liderado por el Tec de Monterrey, y apoyado por el Fondo de Sustentabilidad Energética, FSE, en el marco de la Convocatoria 2014-01 "Fortalecimiento Institucional para la Sustentabilidad Energética". Inició en junio de 2016 con la participación del Tecnológico Nacional de México, el Instituto Nacional de Electricidad

y Energías Limpias y Energías Renovables, la Universidad Estatal de Arizona y la Universidad de California en Berkeley así como también de la Comisión Federal de Electricidad. A través del proyecto se busca impulsar el desarrollo del talento altamente especializado y de conversión en disciplinas y áreas de conocimiento que tienen impacto en las necesidades y estrategias nacionales para el sector energético en nuestro país, apoyados en la formación de redes de investigación multidisciplinarias, multinacionales y binacionales, que desarrollan proyectos de investigación para la generación de conocimiento e innovación tecnológica, y soportados en infraestructura de laboratorios físicos y virtuales.

También es importante la formación de talento humano en el sector energético. Para ellos se han puesto a disposición 12 cursos masivos en línea ofrecidos a través de la plataforma MexicoX y EdX, con 135 mil 646 participantes registrados; del diseño y evaluación de competencias laborales para el sector energético.

Por otra parte también está el desarrollo de proyectos de investigación en conjunto con universidades socias, y la colaboración de universidades extranjeras: 8 proyectos de investigación con la participación de 30 profesores investigadores. Desarrollo de 4 redes internacionales de investigación con la participación de 57 universidades y centros de investigación.

Actualmente se cuenta con 3 centros para la toma de decisiones ubicados en Ciudad de México, Torreón, y uno disponible para SENER, que incluye un modelo de simulación para el sector energético además de la creación de una base de datos para el sector.

Se ha creado el concepto de **Laboratorio de Innovación Abierta, Open Innovation Laboratory** el cual ofrece entornos deseables para el aprendizaje y para el proceso de diseño y desarrollo de nuevas tecnologías. Este proceso adopta el concepto de Innovación Abierta, en el que las actividades de colaboración y cooperación son relevantes para lograr una aceleración en el desarrollo de productos y para promover la utilización de fuentes externas de innovación. Por lo tanto, la participación multidisciplinaria y el intercambio de recursos entre los participantes

son componentes esenciales durante estos procesos de innovación.

Además, a través de diferentes actividades, el Laboratorio promueve la transferencia del conocimiento, la investigación, el desarrollo y evaluación de nuevos productos, así como el entrenamiento y desarrollo de competencias deseables en el perfil de profesionista de hoy en día utilizando como recursos un modelo de Aprendizaje-Enseñanza, Metodologías de Diseño y una Plataforma de Desarrollo Rápido de Producto.

Este laboratorio fue reconocido en el "Reimagine Education Award 2018" obteniendo tres premios en las categorías ingeniería y tecnologías de la información (oro), innovación latinoamericana (oro) y aprendizaje híbrido (plata), logrando posicionarlo como una de los mejores en su tipo a nivel mundial.

A través del MOOC "Desarrollo Rápido de Productos Innovadores para Mercados Emergentes" impartido desde el 2013 en la plataforma COURSERA, el laboratorio ha alcanzado a más de 80 mil alumnos de más de 105 países del mundo. Además, a través de programas de colaboración de proyectos conjuntos cuenta con la participación de empresas del sector manufacturero y entidades gubernamentales. Esto permite que los usuarios se encuentren inmersos en ambientes reales donde pueden proponer soluciones creativas e innovadoras a problemáticas actuales y al mismo tiempo promueva en ellos una cultura por el emprendimiento tecnológico y social.

Contamos, desde el 2012 con cursos que forman parte del proyecto NOVUS del grupo de investigación en apoyo a la Innovación Educativa, así como con productos por comercializar o en transferencia como las Plataformas de Laboratorios Remotos y el Toolkit de Algoritmos de Inteligencia Artificial (ICTL), licenciado para su comercialización por National Instruments.

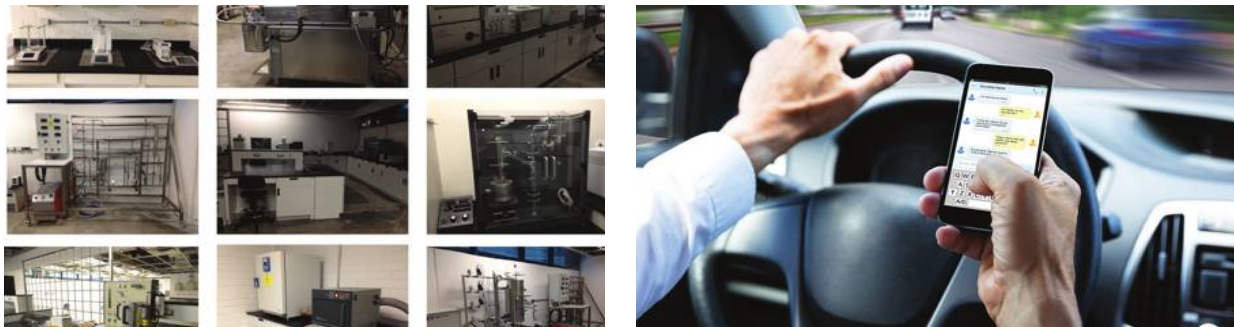
Retos de cara al futuro

Entre los retos más importantes se encuentran:

- Realizar Innovación disruptiva de forma sistemática y en ciclos mas cortos.
- Acelerar el desarrollo de productos in-

- novadores con potencial de comercialización.
- Desarrollar metodologías para colocar al usuario en el centro de la innovación.
- Usar y aplicar aceleradamente tecnologías disruptivas (Inteligencia Artificial, Ciencia de Datos, Digitalización, Visualización, Modelación y Simulación Avanzada, Realidad Aumentada, Realidad Virtual y Tecnología móvil y Robótica) para el desarrollo de prototipos rápidos y producto comerciales.
- Diseñar procesos de comercialización de productos tecnológicos en mercados nacionales y globales.
- Impulsar más proyectos de Emprendimiento de base tecnológica.

Existen grandes oportunidades para continuar el desarrollo en esta línea de investigación para apoyar los procesos de innovación en las empresas, instituciones no gubernamentales y en el gobierno (a los tres niveles). El enfoque sistemático que hemos venido desarrollando permite conectar muy rápidamente las tecnologías disponibles y disruptivas para conectarlas con los procesos de innovación en las diferentes instituciones. Así como impactar positivamente los procesos de enseñanza-aprendizaje del Modelo Tec 21 basado en retos, al ofrecer una metodología sistemática, científica y probada para conectar las ideas de los estudiantes y resolver los problemas propuestos por los socios formadores.



Modelos de Aprendizaje Computacional

Líder: Raúl Monroy

Panorama actual

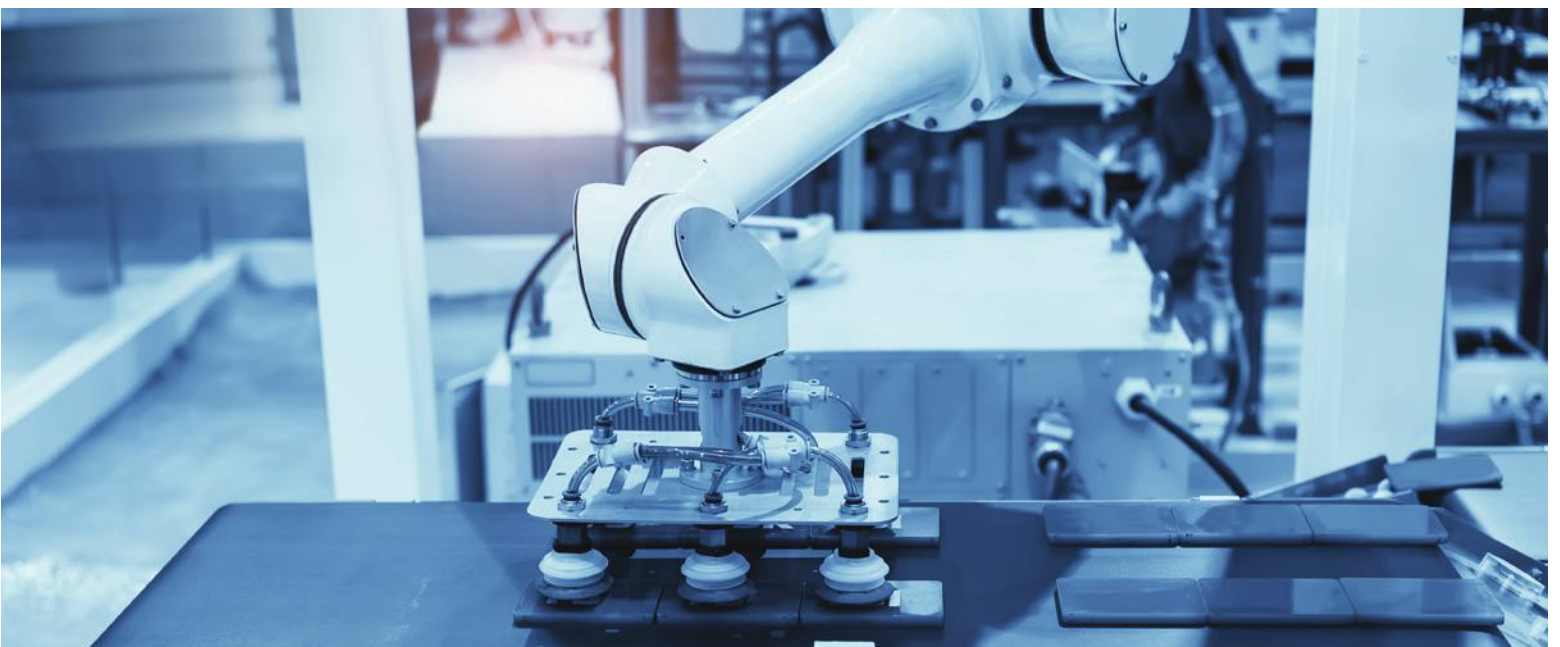
El aprendizaje es un fenómeno de muchas facetas. Los procesos de aprendizaje incluyen la adquisición de nuevo conocimiento declarativo; el desarrollo de habilidades cognitivas y motoras a través de la instrucción o la práctica; la organización de nuevo conocimiento en lo general; abstracciones adecuadas; y el descubrimiento de nuevos hechos y teorías a través de la observación y la experimentación.

Desde la inyección de la era computacional, los investigadores han dedicado esfuerzos para implantar estas capacidades en una computadora. Resolver este problema constituye uno de los objetivos más retadores, fascinantes y de largo plazo de la Inteligencia Artificial IA. Por su parte, el estudio y modelado computacional de procesos constituye el aprendizaje computacional o automático conocido también como Machine Learning.

Los enfoques tradicionales de aprendizaje computacional se basan en supuestos múl-

tiples del cómputo (i.e. tamaño de memoria, de procesamiento), mismos que ya no son válidos y se trasladan a los desafíos de grandes volúmenes de datos (Volumen, Variedad, Velocidad y Veracidad, las 4V de Big Data), empujando, en consecuencia, dichas fronteras. Por un lado, se encuentra el manejo y preprocesamiento de datos, y por el otro, las técnicas contemporáneas de aprendizaje computacional, tales como Deep Learning, Online Learning, Local Learning, Transfer Learning, Lifelong Learning y Ensemble Learning. Son estos nuevos paradigmas relacionados con los datos y estos algoritmos los que pululan la agenda mundial sobre Machine Learning.

Actualmente, ya no es sorprendente ser testigos de vehículos autónomos, traductores de un lenguaje a otro que realizan su tarea en pleno vuelo o sistemas que optimizan la identificación de células madre para fertilización in vitro, entre otros ejemplos. Aunque estos avances han encendido alarmas por los potenciales perjuicios que hay sobre la Inteligencia Artificial en la raza humana



también al mismo tiempo se ha abierto un debate multidisciplinario que intenta obtener de la Inteligencia Artificial en general, y del aprendizaje computacional en particular, un beneficio común. Actualmente, presenciemos los comienzos del desarrollo de una ética de máquina, la democratización de la Inteligencia Artificial, y el desarrollo y aplicación responsable.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

Este GIEE ha planteado la invención o el desarrollo de mecanismos novedosos o innovadores, así como su aplicación en problemas relevantes. Explora cómo construir mejores árboles de decisión, o bosques enteros de dichos árboles, y cómo éstos conducen a un mejor desempeño, así como a la explicación de una decisión, en un lenguaje entendible para un experto. En este sentido, el grupo propone clasificadores basados en patrones que contrastan una observación en función de la clase identificada. Adicionalmente, investiga técnicas como algoritmos de agrupamiento, índices de validación de agrupamientos, aprendizaje profundo y su transferencia, las redes generativas antagonistas y algoritmos para la detección de anomalías.

Un problema de alto impacto social y económico que el grupo ha abordado es la verificación e identificación de huellas dactilares y palmares. No existen dos personas con las mismas huellas y éstas no se modifican de manera natural. Estas características hacen que las huellas dactilares y palmares sean elementos importantes para la identificación de personas por parte de los órganos de seguridad. Debido a la complejidad y a la cantidad de huellas que existen, es necesario crear sistemas informáticos que permitan su procesamiento de manera automática con bajos costos computacionales, como lo ha conseguido este grupo de investigación. Aunque las primeras aplicaciones fueron en las ciencias forenses, la popularidad de la temática se debe principalmente a las aplicaciones en sistemas civiles de seguridad como el control de acceso físico a instalaciones, el control de acceso lógico a software y el control de votantes en elecciones. El grupo ha contribuido significativamente en ciberseguridad. Los ciberataques orienta-

dos a países, regiones, empresas o servicios, ocurren con mayor frecuencia y con daños financieros, o al prestigio de la víctima, provocando graves e innumerables consecuencias. El grupo ha realizado investigaciones y ha desarrollado prototipos para la detección de actividad no humana – referida como bots, detección de diversos ataques, como los de intrusión, de usurpación de identidad y de anomalías en el tráfico de red, alámbrica o no. Con el objetivo de detectar de manera oportuna ataques de denegación de servicio a la infraestructura de TI de alguna organización, el grupo ha propuesto técnicas novedosas de aprendizaje computacional y de visualización. El grupo también ha incurrido en la aplicación de sus técnicas en la detección de anomalías que pudieran comprometer la integridad física y emocional (estrés) de una persona.

La minería de procesos se refiere a métodos y algoritmos que, a partir de bitácoras de sistemas de información, sirven para descubrir o enriquecer los modelos conceptuales de los procesos de negocios subyacentes, mismos que sirven de entrada a subsecuentes análisis.

Otra área de contribución ha sido la aplicación de visión por computadoras y aprendizaje automático a tareas de video protección. La video-protección implica el acto de observar una o varias escenas y buscar comportamientos específicos que puedan indicar la aparición o existencia de un comportamiento inapropiado o de personas u objetos de interés. Entre las soluciones de alto interés que ha desarrollado el grupo, se encuentran: reconocimiento facial a partir de imágenes fijas y de video, reconocimiento de acciones de individuos y vehículos, y detección de armas de fuego. Los usos comunes de la video-protección son observar la entrada a eventos deportivos, transporte público y alrededor del perímetro de instalaciones seguras o de interés.

Fortalezas del GIEE

Este GIEE ha demostrado una alta cohesión entre la mayoría de sus integrantes, a tal grado que ha permitido la solución de problemas teóricos y aplicados. En los últimos 5 años el grupo ha sido capaz de obtener financiamiento tanto de entidades públicas como de empresas privadas. Una de las grandes fortalezas del grupo, ha sido su ca-

pacidad de aplicar técnicas de IA y aprendizaje computacional a diferentes problemas verticales, que van desde la identificación de huellas latentes, detección de riesgo personal, detección de bots, hasta la proyección de una línea instantánea de estrés. Actualmente, el grupo explora también mecanismos para la detección oportuna de depresión.

La investigación en la minería de procesos es otra línea que explora nuestro grupo. Aunque incipiente, el desarrollo de esta línea de investigación en el Tec de Monterrey en el corto y mediano plazo se ve propiciado por colaboraciones con los grupos líderes en la disciplina en un contexto internacional. El grupo también colabora con la Universidad de Aachen en Alemania, la Universidad de Melbourne, en Australia y con la Universidad de Tartu, en Estonia.

Proyectos que trascienden

En conjunto con el Conacyt, el Tec de Monterrey ha liderado innumerables proyectos alrededor del aprendizaje computacional y sus aplicaciones, también ha participado en iniciativas con financiamiento internacional, como de la Comisión Europea desde la década de 2000 (FP6, FP7 y H2020), así como proyectos con Estados Unidos (NSF, Airforce), Israel, China y a través de diversas instancias de financiamiento. También ha desarrollado proyectos del Conacyt en las convocatorias de Ciencia Básica y Atención a Problemas Nacionales.

Con respecto a la participación en la industria, el grupo ha realizado proyectos de desarrollo tecnológico que han impactado amplia y positivamente en las tareas del personal de mercadotecnia y de tecnologías de información. En este sentido, el equipo ha desarrollado técnicas de visualización y detección de patrones, que ha aplicado para la identificación oportuna de ataques de denegación de servicio, así como de la segmentación y caracterización de la audiencia de un sitio de comercio electrónico.

En lo social, un proyecto con amplio despliegue es la aplicación ELISA, desarrollada en 2010, es una aplicación móvil que permite al usuario generar una alerta vía SMS y red de datos en caso de riesgo inminente. La alerta, al llegar al C4 (Centro de Comando,

Control, Cómputo y Comunicaciones) permite que el usuario sea localizado y atendido de manera inmediata. ELISA opera actualmente en los Campus Estado de México, Ciudad de México y Puebla, así como en la Presidencia Municipal de Atizapán de Zaragoza, en el fraccionamiento Condado de Sayavedra, con más de 250 familias haciendo uso de la aplicación. En 2017, extensiones en el diseño de ELISA, bajo el nombre de PRIDE (Personal Risk Detection) permitió que el proyecto fuera seleccionado como uno de los proyectos de investigación y desarrollo del Tec de Monterrey que está transformando a México. A raíz de este reconocimiento, ELISA/PRIDE ha generado varias notas y entrevistas en medios de circulación nacional e internacional, así como la colaboración con las Universidades de Exeter y Leeds, del Reino Unido, para extender el modelo de seguridad ciudadana.

Desde la década de 1980, el Tec de Monterrey se ha caracterizado por ser institución pionera para impulsar la Inteligencia Artificial, en lo general, y el aprendizaje automático, en lo particular. Institucionalmente, el Tec ha contribuido a la consolidación de la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial, SMIA, en la que cinco de sus profesores son ahora expresidentes. Recientemente, el instituto también ha sido pieza clave en la creación de la Academia Mexicana de Computación.

Retos de cara al futuro

Los avances actuales en Inteligencia Artificial pueden explicarse a través de cuatro grandes crecimientos exponenciales: la capacidad de cómputo, en términos de memoria y velocidad de procesamiento; la disponibilidad de información; la inversión en Inteligencia Artificial; y el decrecimiento en el error en la capacidad de predicción. Es en este último aspecto que el grupo dirige sus mayores esfuerzos: cómo disminuir aún más el error, a la vez que se aumenta la capacidad prescriptiva, o al menos de explicación, de nuestras técnicas. Cómo explicar decisiones a un nivel que sea adecuado para un experto es un reto que hemos decidido afrontar.

Las redes neuronales profundas han logrado recientemente una serie de avances en muchas tareas de visión por computadora y aprendizaje automático. Sin embargo, los enfoques modernos altamente precisos se basan en redes neuronales muy profundas, lo que significa que están compuestas por

una larga secuencia de capas y operaciones. Como resultado, los modelos requieren altos recursos computacionales, como alta capacidad de memoria y potentes GPU, para lograr altos rendimientos. Por ejemplo, la red VGG-Face, ampliamente utilizada, comprende 138 millones de parámetros, más de 500 MB de tamaño de memoria y más de 15 G-operaciones de punto flotante, para clasificar una sola imagen de 224×224 píxeles. Por tanto, este tipo de modelos generalmente no puede implementarse en aplicaciones de respuesta instantánea (tiempo real) o plataformas computacionalmente limitadas, como robots, teléfonos inteligentes u otros dispositivos electrónicos embebidos. Para superar estas limitaciones, uno de los mayores retos en el área es construir redes neuronales profundas optimizadas que sean pequeñas y eficientes, sin incurrir en un deterioro considerable de su capacidad de llevar a cabo las tareas para las cuales fueron entrenadas.

El grupo tiene trabajos previos en la detección de estrés en la comunidad estudiantil. El nuevo reto que emprende es la detección oportuna y eficiente de niveles de depresión de riesgo medio y alto en la comunidad estudiantil, con el objetivo de canalizarlos lo más rápido posible al departamento de apoyo y consejería. Al ser un reto ambicioso, su solución requiere de un trabajo multidisciplinario, de la mano con el departamento de psicología, y de la aplicación de varias líneas de

investigación del grupo: IoT (sensores embebidos), Big Data, aprendizaje máquina y pruebas fisio-psicológicas, para la medición de estrés y niveles de depresión. De alcanzar resultados satisfactorios, el grupo explorará más allá de las fronteras del Campus, aplicando los resultados obtenidos con la ciudadanía a nivel global.

Los retos se vislumbran muy promisorios y como un oasis de oportunidades, tomando en cuenta la historia del grupo, en especial su compromiso por la innovación y la calidad de sus productos científicos. El poder de clasificación de nuestras técnicas, así como de su explicación de decisiones, les hace candidato idóneo en la solución de problemas que cada vez demandan, no sólo una mayor precisión, sino también una justificación del porqué proceder con una identificación y no con otra. Adicionalmente, el grupo tiene la experiencia y el conocimiento en temas clave, que acelerarán el desarrollo de aplicaciones o soluciones a problemas tan vastos, pero no por ello menos relevantes, que van desde la minería de procesos, hasta la solución de problemas en el contexto de ciberseguridad.

Los miembros del GIEE son Leonardo Chang Fernández, Luciano García Bañuelos, Miguel González Mendoza, Andrés Eduardo Gutiérrez Rodríguez, Octavio Loyola González, Miguel Angel Medina Pérez, Gilberto Ochoa Ruíz, y Luis Angel Trejo Rodríguez.



Nanomateriales

Líder: Joaquín Oseguera

Panorama actual

La ingeniería de superficies se refiere a la modificación desde la superficie de materiales para producir componentes con una combinación única de propiedades superficie con el sustrato, tienen un muy amplio rango de aplicaciones. La ingeniería de superficies y la tribología se consideran áreas estratégicas en países desarrollados, ya que los derrames económicos asociados a fenómenos relacionados con estas disciplinas, representan varios puntos del PIB de dichos países.

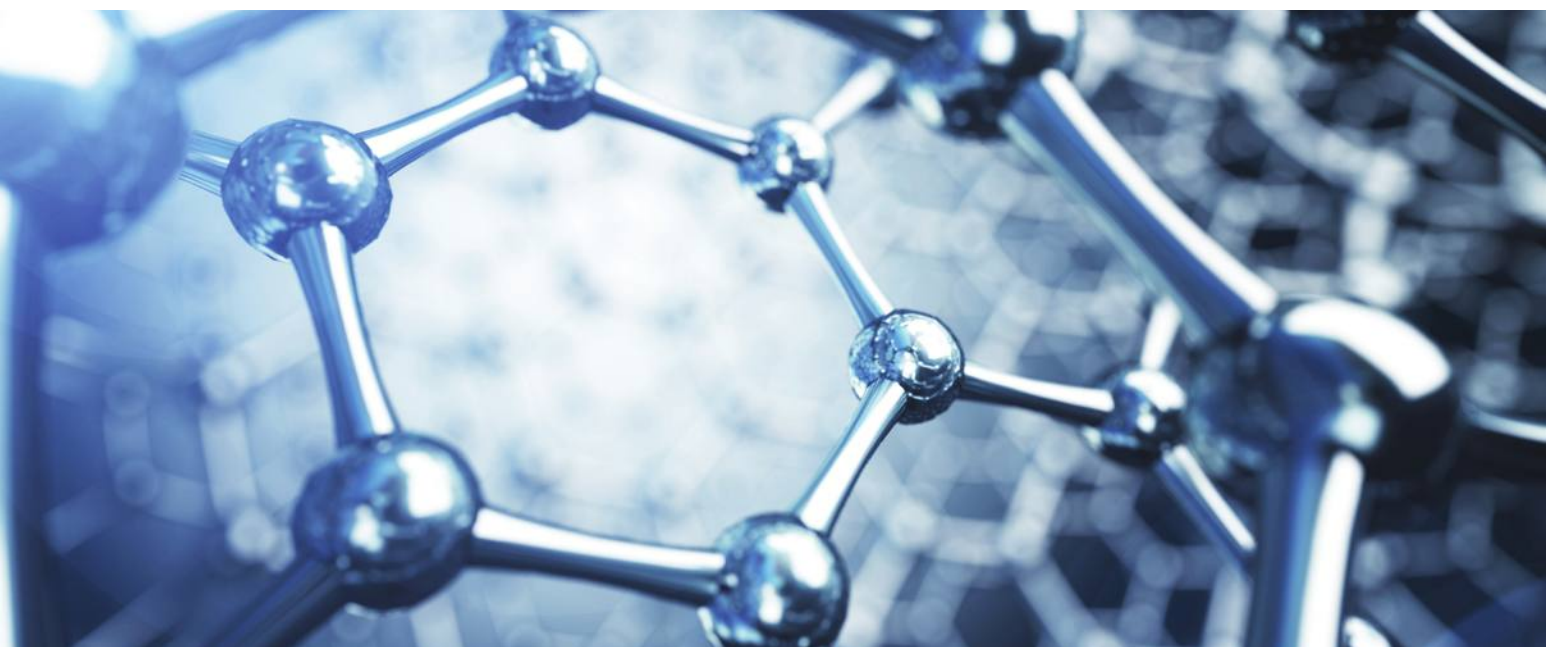
El impacto de la ingeniería de superficies también se puede medir considerando el gran número de sectores donde tiene aplicación. Sectores primarios importantes donde esta disciplina es un importante recurso tecnológico, incluyendo los biomateriales, la generación de energía, la transformación de metales, la electrónica, la extracción de petróleo, la industria automotriz, la aeronáutica, entre otras. Además, se ha reconocido que la ingeniería de superficies es uno de los métodos más importantes para diferenciar un producto en términos de calidad, desempeño y costo. Adicionalmente, el desarrollo de esta disciplina ha permitido a su vez consoli-

dar tecnologías emergentes muy relevantes. Por último, diversos estudios indican que la ingeniería de superficies también tiene impacto en áreas social y económicamente importantes tales como el medio ambiente, el desarrollo sostenible y la disminución en el consumo de materiales. La ingeniería de superficies es un campo altamente multidisciplinario e interdisciplinario que requiere capital humano especializado.

En resumen, la ingeniería de superficies es una disciplina que tiene un gran impacto en la economía de los países y que ha permitido el desarrollo de tecnologías importantes en una gran diversidad de disciplinas.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

El diseño funcional de materiales para aplicaciones específicas requiere vincular la estructura con las propiedades y asociarlas con las aplicaciones específicas, esta característica ha marcado los desarrollos de los materiales en el dominio de la ingeniería de superficies. El amplio dominio de aplicaciones que derivan de la ingeniería de superficies ha implicado desarrollos multidiscipli-



narios. Particularmente en esta disciplina, el desarrollo de materiales convencionales o materiales en campos emergentes requiere de tratamientos termoquímicos asistidos por plasmas, en general las tecnologías asistidas por plasmas requieren de sistemas de vacío avanzados, además de control, medición y caracterización de superficies que resultan onerosas. No obstante esta característica, el enorme dominio de aplicaciones ha justificado con rendimientos las inversiones de capital.

Con el propósito de desarrollar propiedades específicas desde la superficie del material, en el Campus Estado de México hemos consolidado un desarrollo transversal que incluye el desarrollo de procesos, particularmente procesos asistidos por plasmas, la caracterización de los procesos, particularmente por espectroscopía óptica de emisión, la simulación matemática de los procesos y de la síntesis de productos desde la superficie, la caracterización de la superficie; caracterización mecánica, particularmente por ensayos de dureza, rayado o pares tribológicos, o caracterización estructural y química, por microscopías electrónicas de barrido o de transmisión.

Fortalezas del GIEE

La fortaleza principal del GIEE se centra en el grupo de investigadores, corresponde a un grupo multidisciplinario que atiende diversas facetas de la ingeniería de superficies así como la producción y el estudio de nanomateriales. Los campos de desarrollo incluyen el desarrollo de procesos, la simulación matemática de procesos o de las cinéticas de transformación de productos, la síntesis de materiales cerámicos o de polímeros y la caracterización mecánica y estructural.

Los antecedentes del grupo de investigación inician en 1990 con la construcción de los primeros prototipos para el tratamiento termoquímico de aceros asistidos por plasmas. Esta investigación generó recursos para el desarrollo de proyectos con financiamiento, acompañado con las inversiones realizadas por el Tec de Monterrey conformado una infraestructura básica importante la cual constituye una de las fortalezas del grupo de investigación. Con referencia en los apoyos para consolidar los grupos de investigación, se construyó en el Campus Estado de México

el GIEE en nanomateriales, que tiene la vocación de generar productos tecnológicos con características estructurales donde la síntesis de nanomateriales confiere propiedades especiales al material.

Proyectos que trascienden

Con base en los desarrollos generados en el grupo de investigación el grupo de investigación ha participado en la formación de estudiantes en los niveles de licenciatura, maestría y doctorado.

Así mismo, con referencia en los desarrollos generados se produjo la plataforma para la incubación y posterior consolidación de dos empresas de base tecnológica que actualmente están en el mercado.

La importancia de la ingeniería de superficies nos llevó también a considerar la formación de una agrupación que coadyuvara a la vinculación entre estudiantes e investigadores a nivel nacional, la vinculación con Centros de Investigación e Instituciones de enseñanza superior, así como la vinculación con el sector productivo es fundamental en el desarrollo de los dominios de la ingeniería de superficies, fue así que constituimos en 2010 la Red de Ingeniería de Superficies y Tribología, REDISyT.

Retos de cara al futuro

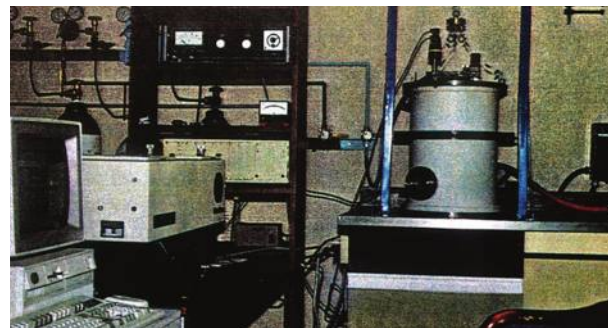
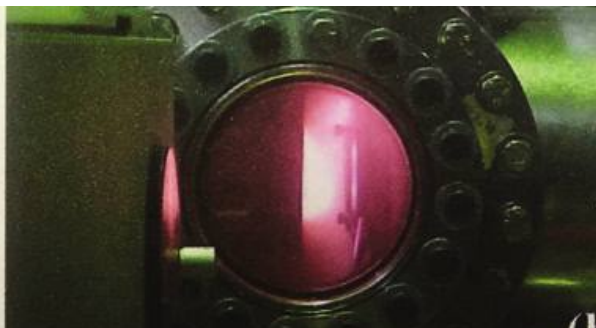
La tribología estudia los fenómenos que se presentan entre cuerpos en contacto y movimiento relativo, incluyendo fricción, desgaste, erosión y lubricación. La enorme complejidad de los fenómenos tribológicos impone la formación de grupos especializados: la modificación de superficies, el estudio de lubricantes o los fenómenos del desgaste, son ejemplos destacados de los campos de desarrollo que imponen retos importantes en el área.

En el contexto nacional hemos identificado retos relevantes en el contexto de la ingeniería de superficies y la tribología, los cuales están asociados con el uso eficiente de la energía, el impacto en las emisiones de carbón y cambio climático; el transporte, con impacto en combustibles eficientes y sistemas de lubricación adecuados; la manufactura, para incrementar la productividad y la eficiencia,

incluida también la manufactura aditiva; así mismo aspectos relacionados con la salud, por ejemplo con el desarrollo de articulaciones para ser utilizadas como prótesis.

Diversos sectores del medio productivo son y seguirán siendo impactados por los desarrollos tecnológicos de la ingeniería de superficies en el futuro. Desde grupos de empresas con esquema de desarrollo tecnológico tradicional, como la industria de la agricultura, la industria automotriz o el grupo de empresas nombradas como industrias de la transformación, hasta desarrollos avanzados asociados con empresas aeronáuticas, electrónico, óptico o médico, las formas de progreso estarán vinculadas a los recursos de los nuevos desarrollos tecnológicos, situación particularmente importante en las empresas con el esquema de desarrollo convencional, y en las asociadas con los requisitos funcionales que imponen condiciones de operación específicas y reclaman el diseño y síntesis de nuevos materiales con características funcionales específicas.

Asociado a cualquier método de procesamiento de materiales, es indispensable tener herramientas para caracterizar tanto la estructura como las propiedades de los productos obtenidos y relacionarlas con el proceso. En este sentido se han utilizado diversas formas de interacción de la radiación con la materia para caracterizar estructuralmente materiales y superficies. La difracción de rayos X, la microscopía de campo, la microscopía de tunelaje, son ejemplos de desarrollos tecnológicos que han permitido la caracterización superficies y materiales. Sin embargo, quizá un reto dentro de esta área en el ámbito nacional es no sólo explotar extensamente las técnicas de caracterización convencionales, sino contar con los recursos técnicos y económicos para incorporar otras técnicas menos conocidas pero igualmente útiles tales como Rutherford Backscattering, GDOES (Glow Discharge Optical Emission Spectroscopy), entre otras. Así mismo, es necesario incorporar sistemáticamente métodos de evaluación de propiedades deseadas en los productos obtenidos.



Nutriomics, Tecnologías Emergentes y Nutrición Molecular

Líder: Sergio O. Serna Saldívar

Panorama actual

El Grupo de Investigación con Enfoque Estratégico (GIEE) Nutriomics, Tecnologías Emergentes y Nutrición Molecular del Tec de Monterrey es un conjunto multidisciplinario de investigadores en biotecnología, fitoquímica, nutrición e ingeniería de procesos extractivos y emergentes, con un apoyo importante con investigadores de la Escuela de Medicina. El trabajo del grupo está orientado a generar conocimiento de vanguardia sobre los efectos de compuestos fitoquímicos asociados a matrices alimenticias y plantas, preferentemente nativas del país, para la prevención y tratamiento de las denominadas enfermedades crónico-degenerativas o silenciosas y cáncer, que son responsables del más del 70% de las defunciones de los mexicanos hoy en día. Adicionalmente se estudia el desarrollo de nuevos procesos de conservación y transformación de alimentos, aplicando

conceptos de avanzada de ingeniería de procesos.

Cabe mencionar que el GIEE ha crecido sustancialmente en el número de profesores investigadores y posdoctorantes, el mejoramiento de la infraestructura analítica y de laboratorios especializados, así como en el número de alumnos involucrados.

De este grupo se han derivado otros GIEES liderados por los doctores Mario Álvarez y Marco Rito Palomares. Un importante acontecimiento fue la unión del GIEE antiguamente liderado por el Dr. Jorge Welti sobre Tecnologías Emergentes y Nutrición Molecular, que hizo que el nuevo grupo consolidado sea el más grande dentro de la Institución.

Así el GIEE está formado por más de 28 profesores investigadores, 9 posdoctorantes y un grupo activo de más de 25 alumnos de posgrado distribuidos en los Campus Monterrey,



Querétaro, Puebla, Toluca y Guadalajara. Así como con la participación de profesores distinguidos de España como los doctores Pilar Cano, José Benedito, Cristina Rosell y Olga Martín Belloso además de la participación también de otras importantes universidades o centros de investigación a nivel mundial.

Entre las metas y objetivos del grupo están: crear conocimiento de vanguardia en extracción de fitoquímicos, nutrigenómica, tecnología y modulación de la microbiota intestinal para producir alimentos funcionales; generar investigación de nuevos bioprocesos para la extracción más eficiente de fitoquímicos, mejorar las propiedades nutricionales y funcionales de alimentos con ingenierías de nueva generación y tecnologías emergentes; aportar conocimiento sobre la aplicación de nuevos procesos de conservación y transformación de alimentos; transferir, innovar e investigar para el desarrollo de alimentos funcionales, suplementos alimenticios y fármacos, en colaboración con la industria; así como también la formación de recursos humanos altamente calificados.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

Particularmente se investigan procesos de extracción, preferentemente amigables con el ambiente, de compuestos antioxidantes fitoquímicos, proteínas vegetales y metabolitos resultantes de procesos naturales de fermentación o germinación que modulen positivamente a la microbiota intestinal y a genes claves relacionados con diabetes, enfermedades cardiovasculares, hipercolesterolemia, hipertensión, fibrosis y cáncer. Cabe mencionar que estas enfermedades son las responsables del mayor gasto de salud pública y de ocupación hospitalaria en México. Para lograr los objetivos anteriores es necesario tener especialistas en biotecnología y procesamiento de alimentos, ingenieros en bioprocesos, químicos de productos naturales, nutricionistas, agrobiótecnólogos y médicos.

Fortalezas del GIEE

La principal fortaleza del GIEE es el gran grupo de profesores investigadores que lo conforman. Dentro del grupo de profesores con credenciales complementarias hay 3 in-

vestigadores en los niveles 3 y 2 del SNI que prácticamente han realizado todos sus logros dentro de la institución.

Entre nuestras principales fortalezas también se pueden mencionar:

- Líneas de investigación prioritarias y vanguardistas para impactar positivamente el desarrollo humano a través de una alimentación más sana que a su vez mejore la calidad y expectativa de vida.
- Infraestructura de clase mundial e importantes colaboraciones con investigadores de las áreas de ingeniería y medicina, así como nexos y colaboración con importantes profesores distinguidos e investigadores tanto en el país como en el mundo entero.
- Buen balance entre investigadores multidisciplinarios jóvenes y consolidados, lo que augura la continuidad de labores efectivas de investigación.
- Los nuevos profesores investigadores han sido seleccionados por su empuje, ambición y línea de investigación que potencia las capacidades del grupo.
- Los integrantes tienen un muy buen sentido de pertenencia y colaboración.
- Todos pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores y han tenido importantes experiencias que los hacen reconocidos tanto fuera como dentro del país.

El GIEE es reconocido mundialmente por su trabajo experimental en la identificación, purificación, aislamiento y modificación estructural de la gran gama de compuestos fitoquímicos asociados a alimentos y plantas mexicanas con potencial para prevenir y tratar enfermedades crónico-degenerativas como diabetes, hipercolesterolemia, fibrosis, y enfermedades cardiovasculares y también cáncer. Adicionalmente, los investigadores liderados por el Dr. Welti, especialistas en procesos e ingenierías de procesos emergentes como altas presiones, pulsos eléctricos, ultrasonido, uso de membranas, extrusión termoplástica y separación supercrítica con dióxido de carbono, están posicionados dentro de los grupos élites en el mundo. En la actualidad contamos con una importante infraestructura analítica instrumental, laboratorios especializados para hacer investigación de vanguardia en procesos extractivos de biomoléculas con valor agregado como fitoquímicos, proteínas, péptidos bioactivos, entre otros así como también

plantas piloto de tecnologías emergentes (pulsos eléctricos, altas presiones hidrostáticas, extrusión termoplástica), panificación, productos nixtamalizados, lácteos, carnes, cerveza-fermentaciones y frutas/hortalizas frescas y procesadas para producir prototipos de alimentos. Éste es uno de los grupos más productivos dentro de la Institución en términos de generación de patentes y recursos humanos especializados.

Proyectos que trascienden

Durante los más de 15 años de existencia se han tenido importantes logros en patentes y ejecución de proyectos que han trascendido por su potencial impacto. Algunos de estos proyectos son:

Propiedades anticancerígenas y antifibróticas de fitoquímicos del frijol negro

Se logró extraer de la testa o cáscara de variedades ancestrales y comerciales de frijol negro, dos familias de fitoquímicos que actúan sinérgicamente para prevenir, e inclusive atenuar la progresión de diferentes tipos de cánceres. Paralelamente estudios indicaron su gran potencial para tratar al estrés oxidativo causante de las enfermedades crónico-degenerativas. Como resultado de esta línea de investigación se otorgaron dos patentes y se han formado al menos tres doctores y tres maestros en ciencias.

Propiedades antioxidantes de fitoquímicos de agave y nopal

Liderada por las doctoras Janet Gutierrez y Marilena Antunes, esta investigación ha identificado importantes nutraceuticos del jugo y jarabe concentrado de agave, y de las hojas y cladodios del nopal, que han mostrado potencial antiinflamatorio, anticancerígeno y antidiabético. Se han generado varias patentes, entre ellas una relacionada con la generación de películas con compuestos bioactivos para el tratamiento del pie diabético. Se han formado múltiples doctorados y también maestros en ciencias, además se ha fomentado una importante interacción con científicos del Instituto de Nutrición Salvador Zubirán, en España.

Producción de proteínas selenizadas anticancerígenas mediante fermentación y germinación

Las proteínas selenizadas protegen al ser

humano contra el estrés oxidativo y prácticamente cualquier tipo de cáncer, debido primordialmente a la mayor síntesis del sistema protector glutatión peroxidasa. Nuestro grupo es uno de los principales a nivel mundial en esta línea de investigación. Contamos con dos patentes relacionadas con la producción de pan de mesa y tortillas de maíz que pueden aportar la ingesta regular diaria de 150 a 400 microgramos de selenio metionina para proteger a los humanos contra el cáncer. En estudios con animales inmunocomprometidos xenoinjertados con diferentes tipos de cánceres se ha demostrado la efectividad preventiva y terapéutica de estos productos.

Producción de proteínas vegetales híbridas con diferentes funcionalidades

Uno de los principales logros en términos de aplicación comercial es el desarrollo de una gama de proteínas híbridas con variadas funcionalidades que están siendo comercializadas bajo la marca Provita. Proviene de tres materias primas que se coextraen y posteriormente se modifican estructuralmente con tecnologías de vanguardia (campos magnéticos, ultrasonido, biocatálisis) para generar funcionalidades específicas como son poder de coagulación, solubilidad, capacidad espumante o de retención de aire, lo que las hace únicas. Estas proteínas tienen un alto valor biológico debido a su alta tasa de digestibilidad y excelente perfil de aminoácidos esenciales.

Biotechnología para la seguridad alimentaria

Liderado por el Dr. Silverio García Lara, el proyecto, vinculado con la iniciativa nacional de Masagro, coliderado con el CIMMYT y financiado por el gobierno Mexicano-SAGARPA, diseminó biotecnología de punta para elevar la calidad y cantidad de granos y semillas de maíz y trigo en el agro mexicano, aumentando en un 45% la producción nacional de semillas locales así como también el uso de tecnologías sustentables. Recibió el premio a uno de los 10 proyectos que están transformando México por parte del Tec de Monterrey. Además el proyecto nacional de Reducción de Pérdidas de Alimentos, enfocado en pequeños agricultores para el periodo de poscosecha ha logrado disminuir hasta un 70% la pérdida en granos almacenados.

Retos de cara al futuro

Lograr que el conocimiento generado impacte a la industria alimenticia para desarrollar nuevos procesos y productos que atiendan las necesidades de la sociedad y ayuden a resolver problemas relevantes de salud como obesidad, síndrome metabólico, diabetes y cáncer. Adicionalmente la investigación generada por este GIEE debe impactar en la industria de alimentos con el desarrollo de procesos energéticamente menos demandantes, de menor impacto ambiental y que den origen a una nueva generación de alimentos de mayor calidad: nutrimental y sensorial, con costos reducidos. Esto implica seguir mejorando en la infraestructura de investigación, reclutamiento de nuevos investigadores que abran nuevas líneas y que las políticas públicas sigan apoyando a estudiantes de posgrado y posdoctorantes para que se sumen a los esfuerzos de ofrecer mayor cantidad de alimentos con mejores propiedades nutricionales y nutraceuticas para así incrementar la calidad de vida de los Mexicanos.

Debido a las expectativas de crecimiento demográfico en los próximos 30 años, donde se espera tener una población entre 9 mil 500 y 10 mil millones de personas, lo que significa 2 mil 500 millones más que la población actual, y que prácticamente la mitad de los po-

bladores del mundo subsisten con menos de dos dólares por día va a ser un reto muy importante mantener la seguridad alimentaria y atender los problemas de salud pública.

Este GIEE tendrá que redoblar esfuerzos para ofrecer alimentos más saludables y sostenibles que además tengan mayor vida útil y que sean procesados con menos energía. El agotamiento de los recursos naturales como tierras arables y los recursos acuíferos, originará una nueva revolución alimentaria principalmente basada en granos, frutas, hortalizas y alimentos biotecnológicos basados en crecimiento controlado de biomasa. De esta manera los consumidores con diferentes perfiles genéticos podrán elegir alimentos al sastre para tener mejor calidad y expectativa de vida. Las ciencias claves para lograr alimentos personalizados son la nutrigenómica, proteómica y metabolómica. Desde el punto de vista de productividad agrícola las nuevas herramientas biotecnológicas y de fitomejoramiento generarán nuevos alimentos con mejores propiedades nutricionales, nutraceuticas y de vida útil que deberán ser asistidos y desarrollados en el seno de centros de investigación como los de nuestro grupo de enfoque. Nuestro país ofrece una gama de alimentos autóctonos y nativos que puedan ser la llave para generar nuevos productos accesibles tanto para el público local como para el regional.



Omics Traslacional

Adriana Pacheco Moscoa, Carmen Hernández Brenes, Carolina Senés Guerrero, Cuauhtémoc Licon Cassani, José Manuel Aguilar Yáñez, Karla Patricia Mayolo Deloisa, Marion Emilie Genevieve Brunck, Rocío Isabel Díaz de la Garza

Panorama actual

Esta área de estudio surgió a partir del Proyecto del Genoma Humano HGP, por sus siglas en inglés. Después de trece años de investigación, en el 2003 se presentó el genoma completo de un ser humano, proyecto que tiene gran relevancia en estudios de biomedicina, genética, y el desarrollo de conocimiento de la funcionalidad biológica de nuestra información genética.

El objetivo de la investigación ómica es identificar y mapear biomarcadores, caracterizar las interacciones entre ellos para emplear enfoques de ciencia computacional, y secuenciación de nueva generación para comprender y manipular la regulación de mecanismos relacionados a la salud, la patogénesis, así como el metabolismo de competentes biológicos. En la actualidad, el avance tecnológico y equipamiento enfocado al área ómica proporciona a los investigadores capacidades para el desarrollo de nuevas áreas involucrando de manera integral los sistemas vivos, a través de diferentes escalas de estudio desde el nivel molecular hasta ecosistemas completos.

En particular, el término "omics" abarca múl-

tiples disciplinas biológicas como: genómica, transcriptómica, proteómica, metabolómica, fenómica, entre otras enfocadas a la caracterización de conjuntos de biomoléculas tales como ADN, ARN, proteínas y metabolitos. Por su parte el término de "ómica traslacional" se refiere a la utilización de los datos derivados de estos enfoques científicos y traducirlos a aplicaciones en áreas de salud, alimentación, bioseguridad, entre otros.

Los integrantes de este GIEE pretendemos ofrecer soluciones disruptivas en la atención médica, desde la prevención hasta el tratamiento a partir de una perspectiva humanista, científica y económica. Actualmente la investigación de Omics Traslacional ofrece beneficios y avances en distintas áreas:

En el área de investigación científica se generan nuevos descubrimientos en biomoléculas, diagnósticos y tratamientos en salud, nutrición, medio ambiente, agricultura, industria alimentaria y farmacéutica. Generando así publicaciones, patentes y conocimiento de alto impacto, lo que genera colaboración entre diversas instituciones tanto nacionales como internacionales.

En la industria se podrá contar con un mayor catálogo de biomoléculas para su uso como



ingredientes activos en nuevas terapias o formulación de medicamentos, cosméticos, así como en nutrición y elaboración de alimentos.

En la sociedad al tener mejores mecanismos de prevención y cuidado de la salud, desde mejores alimentos, hasta nuevos medicamentos que mejoren la calidad de vida.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

El GIEE de Omics Traslacional se creó a finales de 2018 como un equipo de trabajo para la generación de nuevo conocimiento aplicado a las áreas de genómica, transcriptómica, metabolómica y proteómica. El grupo, a través de la convergencia de diferentes disciplinas como la biotecnología, genómica, biología sintética, bioingeniería y biomedicina, promueve tecnologías, técnicas y dispositivos emergentes e innovadores para resolver problemas de salud. Las principales áreas de investigación son:

- Plataformas Omics para la producción de metabolitos de interés biológico.
- Plataformas de bioseparación/identificación química de alto rendimiento para el descubrimiento de micro y macro moléculas con actividad biológica.
- Estudio de la respuesta y efecto del estrés en diferentes patologías como Cáncer, Alzheimer, Diabetes, entre otras.
- Biología sintética para el desarrollo y optimización de nuevas terapias celulares.
- Uso y desarrollo de la herramienta CRISPR-Cas en células de mamíferos y vegetales.
- Desarrollo de vacunas de nueva generación, diagnóstico molecular y biológico.
- Desarrollo de tecnologías microbianas basadas en estudios ómicos.
- Interacciones planta-microorganismo para soluciones enfocadas en agroecosistemas.
- Estudio del metabolismo vegetal y su ingeniería para la producción, preservación y generación de alimentos seguros y nutritivos.

Cada una de estas áreas de investigación tiene asociados diferentes proyectos de tesis de maestría y doctorado, incentivando así a los estudiantes a formar parte del proceso de investigación y a la generación de nuevo conocimiento.

Fortalezas del GIEE

Contamos con 9 profesores investigadores, todos registrados en el Sistema Nacional de Investigadores, siendo su preparación, capacidades y conocimientos una de sus principales fortalezas. Estos conocimientos van dirigidos a las áreas de metabolismo de compuestos activos, modificación genética de microorganismos, bioprocesos de activos de alto valor agregado y biotecnología médica; generando de esta manera un grupo multidisciplinario. Además, destaca la capacidad de planeación y planteamiento de propuestas de investigación, las cuales pueden ser utilizadas en beneficio de la región para el apoyo del sector productivo.

Proyectos que trascienden

El GIEE busca llevar a cabo la formulación y ejecución de proyectos de investigación y desarrollo de carácter innovador orientados a mejorar y generar el conocimiento científico para beneficio de la sociedad. Dentro de los proyectos trascendentes se encuentran:

- **Producto tópico para heridas epiteliales.** Investigadores y egresados del Tec han desarrollado ingredientes activos de base bionanotecnológica para la composición de un producto tópico capaz de ayudar a la granulación, epitelialización y vascularización en heridas epiteliales causadas por enfermedades degenerativas como la diabetes. De este proyecto se han donado 500 productos a la Secretaría de Salud del estado de Oaxaca para poder iniciar evaluaciones del producto en pacientes y hacer los debidos peritajes para su aprobación para las regulaciones correspondientes.
- **Producción de ácido hialurónico.** Nuestros investigadores y la startup Biomentum están generando una cepa optimizada para la producción de ácido hialurónico por medio de un proceso biotecnológico. De esta manera se busca producir un ingrediente activo de alto valor comercial grado industrial y farmacéutico para diversas aplicaciones, entre ellas compuestos cosméticos.
- **Incremento de micronutrientes y compuestos bioactivos en papaya (Carica papaya cv. Maradol) por medio de la tecnología de alta presión hidrostática (HHP).** Es desarrollado en conjunto con otros investigadores del Tec, y ha sido galardonado con

el Premio Nacional en Ciencia y Tecnología de Alimentos 2019. Este proyecto incrementó hasta 10 veces los micronutrientes y antioxidantes del fruto al ser tratado con una tecnología llamada "Alta Presión Hidrostática" o pasteurización en frío. El trabajo premiado demostró que las altas presiones incrementan el contenido de compuestos carotenoides (licopeno y pro vitamina A) en la fruta mediante métodos naturales.

- **Avosafe® y Avocardio®.** En un trabajo conjunto de la Escuela de Ingeniería y Ciencias con la Escuela de Medicina, se han estudiado extractos de la semilla del aguacate y han logrado descubrir moléculas bioactivas. Se logró establecer que el fruto contiene grasas especializadas (Avosafe®), descubriendo un nuevo conservador de origen natural que puede ser utilizado en alimentos para sustituir algunos sintéticos utilizados actualmente y que poseen efectos negativos para la salud humana. Esta investigación se sustenta con cuatro patentes internacionales otorgadas. Actualmente ya se tiene un prototipo que puede ser consumido por el ser humano.

Retos de cara al futuro

- **Convertir la investigación en innovación** a través de colaboración con asociaciones privadas, instituciones y empresas interesadas en que las tecnologías ómicas se conviertan en innovaciones que ayuden a la gestión y monitoreo ambiental, biológico y de salud.

- **Promover programas estratégicos** interdisciplinarios entre los diferentes GIEES del Centro de Biotecnología FEMSA para abordar desafíos globales y promover el descubrimiento de nuevos compuestos biológicos para el beneficio de la sociedad.

- **Análisis de información y datos.** El acceso a la capacidad de secuenciación de ADN/ARN no es una limitación actual para la investigación. La selección de tecnología adecuada que ayude en objetivos de investigación específicos a menudo es compleja y requiere experiencia. Además, se necesitan instalaciones especializadas, una base de usuarios experimentada, e infraestructura física para la preparación de tipos de muestra específicos, así como el expertise para el análisis, interpretación y almacenamiento de datos, teniendo como reto, la generación de nuevas áreas como bioinformática, interpretación ómica y la especialización de científicos computacionales en datos biológicos.

- **Enfrentar el reto de actualizar la infraestructura existente e integrar capacidades analíticas de vanguardia** (generación, integración y análisis de datos) a largo plazo en el programa estratégico del Centro de Biotecnología FEMSA y la Escuela de Ingeniería y Ciencias, con el fin de respaldar la investigación de ómicas.

Sabemos que tenemos la capacidad para, en el mediano plazo, hacer frente a estos retos mediante el establecimiento de ambientes colaborativos y estrategias de crecimiento que contemplen colaboraciones con empresas líderes en tecnología de análisis ómicos: genómica, metagenómica, bioinformática, para capacitar a nuestros investigadores y colaboradores con el objetivo de potencializar la infraestructura actual dentro del Tec, y a su vez evaluar la adquisición de nueva tecnología que nos permita generar proyectos de investigación que se vean reflejados en la formación de capital humano, publicaciones científicas y desarrollo tecnológico.

El siguiente paso es armar un nuevo laboratorio enfocado al análisis de alto rendimiento con enfoque en secuenciación masiva (genómica y transcriptómica), espectrometría de masas (proteómica y metabolómica) y la capacidad de análisis bioinformático indispensable para estas disciplinas. Esta infraestructura nos permitirá tener un vínculo más cercano con la Escuela de Medicina y Tec Salud, con la intención de que los proyectos, análisis y conocimientos generados impacten el bienestar de la población en México y mejoren su calidad de vida.



Optimización y Ciencia de Datos

Líder: Neale Ricardo Smith Cornejo

Panorama actual

Los temas de este Grupo de Investigación con Enfoque Estratégico en **Optimización y Ciencia de Datos** son muy variados. Ambos temas mencionados en el nombre del GIEE tienen campos de aplicación muy amplios. La optimización se puede abordar de forma teórica o aplicada. Por ejemplo, un investigador se puede dedicar al desarrollo de nuevos métodos de optimización ya sea exactos o heurísticos o se podría dedicar a resolver problemas industriales aplicando métodos de optimización conocidos. Actualmente hay mucha actividad académica en ambos tipos de investigación en optimización. Algunas aplicaciones de la optimización afines al GIEE son en logística y en clasificación, que es también un tema de ciencia de datos.

La ciencia de datos tiene sus orígenes en la estadística y es un tema de investigación muy relevante actualmente debido a la enorme cantidad de datos que se generan con los sistemas de administración y control de producción actuales. Debido a la gran

cantidad de datos que están disponibles, ha surgido el campo de estudio de Big Data, dentro de la ciencia de datos. Actualmente, muchas empresas están implementando la Industria 4.0, que básicamente depende y genera muchos datos. La ciencia de datos es la disciplina que nos permite analizar dichos datos de forma eficiente para generar información útil para mejorar el desempeño de las empresas.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

En el GIEE de Optimización y Ciencia de Datos nos hemos enfocado en ciertos temas dentro del campo de estudio más general. Con respecto a la Optimización, la mayor parte de nuestras aportaciones han sido relacionadas con la aplicación de la optimización heurística a problemas de logística y de producción. Dentro de la logística se han abordado temas de ruteo de vehículos, localización de instalaciones, diseño de red, distribución de gas natural, diseño de territorios, manejo de inventarios, sistemas de salud



Health Care y logística humanitaria. Adicionalmente hemos contribuido a la literatura con desarrollos de métodos de optimización heurísticos y exactos. La optimización para problemas binivel, en los que existe una jerarquía de personas encargadas de la toma de decisión con distintos objetivos, se ha abordado extensamente.

Con respecto a la Ciencia de Datos, la mayor parte de las aportaciones han sido relacionadas con el análisis de datos secuenciales por medio de gráficas de control, la minería de datos y la exploración de aplicaciones de la metodología de "Block Chain" para el manejo de transacciones en gran escala. Referente a la minería de datos, el auge reciente de los problemas de procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos para la toma de decisiones, ha llevado a abordar tres problemas claves: limpieza y corrección de bases de datos, clasificación supervisada y clasificación no supervisada. Para el problema de limpieza y corrección de bases de datos se implementó un análisis de causa raíz para detectar sesgos e inconsistencias en los datos. A partir de este análisis se propuso una corrección lógica mediante un modelo con Análisis Lógico de Datos (Logical Analysis of Data, LAD) para múltiples clases que utiliza patrones interpretables generados a partir de los datos. En clasificación supervisada con múltiples clases, se desarrollaron procedimientos metaheurísticos para diseñar y entrenar clasificadores basados en redes neuronales, manteniendo la esencia discreta de los problemas de clasificación e implementando estrategias para manejar grandes volúmenes de datos, Big Data. Los procedimientos fueron probados con bases de datos de referencia, mostrando un desempeño sobresaliente respecto a otros métodos de la literatura. El problema de clasificación no supervisada con múltiples categorías se abordó con un modelo LAD, enfocado en bases de datos jerárquicas. Se desarrollaron dos métodos para generar clasificaciones iniciales y poder ampliar el modelo de múltiples clases de LAD al caso no supervisado. El primer procedimiento toma la idea de la técnica para maximización de expectativas creando grupos a partir de patrones y en el segundo se basa el concepto de dominancia de Pareto agrupando los datos en frentes según el grado de dominancia.

Fortalezas del GIEE

Dada la naturaleza de los temas que se abordan en el GIEE y las metodologías empleadas, las fortalezas del GIEE radican en sus integrantes y no tanto en el equipamiento de laboratorios. Es afortunado contar con profesores muy talentosos en sus campos de investigación. Incluidos entre los miembros del GIEE hay 8 candidatos al Sistema Nacional de Investigadores, 5 investigadores de nivel 1, 4 de nivel 2, y 2 de nivel 3. Adicionalmente 4 miembros del GIEE son miembros de la Academia Mexicana de Ciencias. Los profesores de matemáticas pueden aportar sustento riguroso para los desarrollos. Los profesores del área de logística cuentan con el conocimiento y la experiencia necesaria para resolver problemas complejos de logística humanitaria, logística de transporte y diseño de red logística. En el tema de inventarios, en el GIEE se tiene el talento y conocimiento para resolver de manera óptima problemas reales que enfrenta las organizaciones en el manejo y administración de inventarios. Asimismo, los profesores del área de ciencia de datos están ampliamente capacitados para abordar los problemas asociados con la adopción de Industria 4.0, lo cual incluye minería de datos y análisis de datos secuenciales.

Proyectos que trascienden

Los proyectos del GIEE que han trascendido por su impacto incluyen un artículo publicado en la revista Q1 Computers and operations research, titulado "A new approach to solve the multi-product multi-period inventory lot sizing with supplier selection problem", que ha recibido 42 citas desde su publicación en 2015. Los coautores miembros del GIEE son el Dr. Leopoldo Eduardo Cárdenas Barrón y el Dr. José Luis González. Asimismo, el artículo titulado "Hyperchaotic encryption based on multi-scroll piecewise linear systems", publicado en la revista Q1 Applied Mathematics and Computation, ha recibido 26 citas desde su publicación en 2015. El coautor miembro del GIEE es el Dr. Moisés García. Del área de matemáticas contamos con el artículo titulado "The lattice structure of all lattice pre-radicals on modular complete lattices, and applications (I)", publicado en la revista Bull. Math. Soc. Sci. Math. Roumanie en 2019. A pesar de su reciente publicación ha sido solici-

tado por más de 90 investigadores. El coautor miembro del GIEE es el Dr. Jaime Castro.

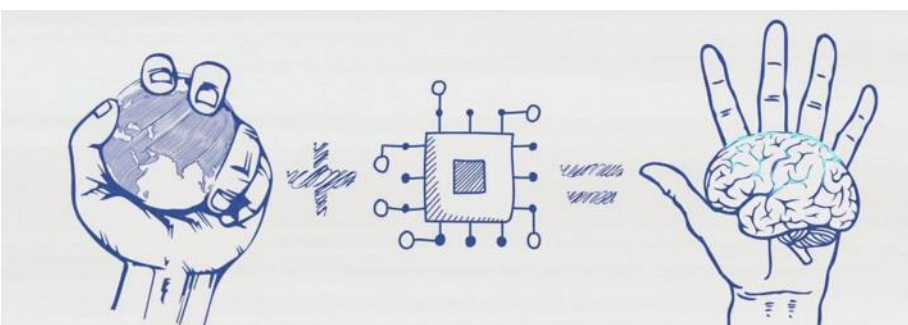
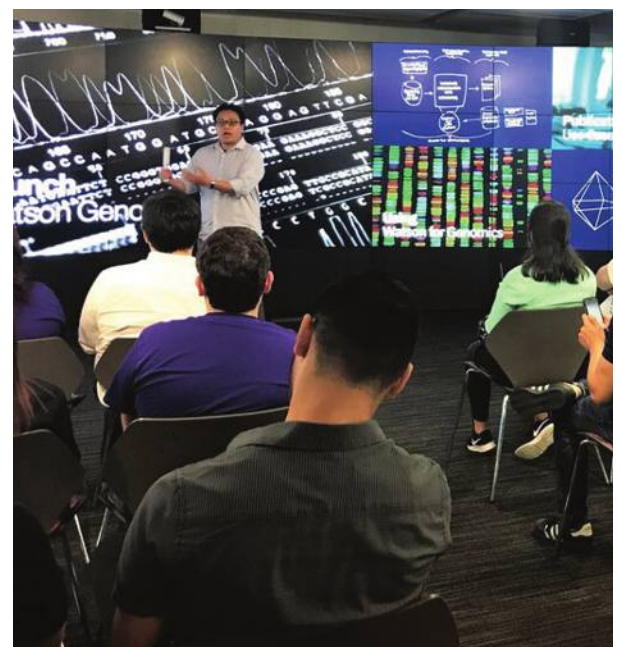
También destaca el hecho de que dos miembros del GIEE son actualmente integrantes del LABORATORIO NACIONAL: SISTEMAS DE TRANSPORTE Y LOGÍSTICA de Conacyt. Los miembros del GIEE asociados son el Dr. Jaime Mora y el Dr. Neale Smith.

Retos de cara al futuro

Los retos más destacables del área están relacionados con tres proyectos actualmente en proceso. El primero es la inevitable adopción de vehículos eléctricos. Esta transformación nos presentará con retos relacionados con ruteo de vehículos, localización de estaciones de recarga y mantenimiento. Es posible que también conlleve un gran incremento en transporte público, lo cual también requiere de optimización de rutas, programación de viajes, determinación óptima de paradas y la modelación de la capacidad del sistema. El segundo proceso de transformación de gran reto es la adopción de la Industria 4.0, esto implica un gran incremento en la disponibilidad de datos. Para convertir los datos en información útil se podrán aplicar metodologías de ciencia de datos y Big Data. Un reto importante es determinar cuáles datos son útiles y los que sobran. Para esto se pueden usar técnicas de minería de datos. El monitoreo de datos que se generan de forma secuencial para detectar cambios en comportamientos, es un reto significativo.

El tercero es el aumento del clima extremo y los desastres naturales asociados. Este cambio nos presentará con retos asociados con la prevención, mitigación, preparación y respuesta a los desastres naturales. Tendremos que desarrollar modelos y metodologías de solución para los diversos problemas de logística humanitaria. Adicionalmente, relacionado con el medio ambiente, un reto es desarrollar modelos de inventarios que consideren aspectos ambientales tales como las emisiones de carbono.

En un futuro, visualizamos los retos previamente descritos de forma muy optimista. Las técnicas y metodologías que empleamos rendirán grandes frutos. Se espera aportar muy contundentemente en los tres temas de: el creciente uso de vehículos eléctricos, la adopción de Industria 4.0 por las empresas del mundo y en la logística humanitaria. Con respecto a los vehículos eléctricos, los beneficios incluirán una reducción de costo de transporte y una operación más amigable con el medio ambiente. En el tema de la adopción de Industria 4.0, se espera contribuir a la creación y mejora de las empresas, haciéndolas más eficientes tanto con respecto a costos como al uso de recursos naturales. Con respecto a la logística humanitaria, las aportaciones ayudarán a mitigar los efectos de los desastres naturales y la respuesta a ellos. El efecto será reducir los costos asociados de dichos desastres y, lo cual es de mayor importancia en esos casos, mejorar la distribución de ayuda y reducir los tiempos de respuesta para salvar vidas.



Sistemas Inteligentes

Líder: Hugo Terashima

Panorama actual

La Inteligencia Artificial, IA, es un área directamente relacionada con Computación, sus inicios se dieron después de la creación de las primeras computadoras comerciales a principios de la década de los años cincuenta. El término fue acuñado en 1956 en una reunión entre los que son considerados los padres de la Inteligencia Artificial: Marvin Minsky, Herbert Simon, John McCarthy y Allen Newell. A partir de este evento grandes expectativas se despertaron, algunas de ellas no muy realistas y que no se cumplieron en su totalidad provocando un desencanto principalmente en agencias patrocinadoras de la investigación en ese campo, hasta que en los 70's apareció un área más enfocada llamada Sistemas Expertos que empezó a tener auge sobre todo por las aplicaciones en la industria y otros modelos que permitieron pensar en el fuerte potencial de ese campo de estudio. En años recientes, la Inteligencia Artificial ha tenido un impacto importante con la aparición de industrias importantes de tecnología como Apple, Amazon, y Google, entre otras, que han realizado muchas aplicaciones basadas en Inteligencia Artificial.

El desarrollo e impacto de las redes sociales así como la transformación digital en todos los entornos está haciendo que la computación y la IA sean componentes principales en todos los dominios de aplicación y en la solución de problemas complejos en Salud, Ingeniería, Gobierno, Desarrollo Sustentable, Economía, Humanidades y Ciencias Sociales. En reportes recientes se relata que solamente un bajo porcentaje de corporaciones tienen proyectos con IA en producción, a pesar que el término está en la lista de los 10 más buscados en la literatura. Eso significa que el mundo está buscando formas de cómo aplicar esta tecnología en sus necesidades, obtener innovaciones y ventaja competitiva en sus procesos. Áreas como Visión Computacional, Robótica, Aprendizaje Computacional, Aprendizaje Profundo, Realidad Virtual y Aumentada, Modelos Heurísticos, Aplicaciones Inteligentes, Crowdsourcing, Procesamiento de Lenguaje Natural, Analítica y Ciencia de Datos, Vehículos Autónomos son las que soportan la mayor investigación en las Universidades actualmente, y las que ciertamente tendrán su mayor impulso en el futuro reciente. Todo ello provocará que, por ejemplo, el número de posiciones de especialistas en Inteligencia Artificial incremente sustancialmente en los próximos años.



Área de estudio en el Tec de Monterrey

El Tec de Monterrey siempre ha estado a la vanguardia en programas académicos, fue una de las primeras instituciones en México en crear la carrera de Ingeniero en Sistemas Computacionales a finales de la década de los años sesenta. Fue pionero en el desarrollo de Inteligencia Artificial desde 1985, se consolidó con la Creación del Centro de Inteligencia Artificial en 1989, y evolucionó hasta el actual Grupo de Investigación con Enfoque Estratégico en Sistemas Inteligentes, que opera actualmente.

La estrategia de enseñanza de IA en el Tecnológico involucra iniciativas para desarrollar las competencias y habilidades de los estudiantes en todos los niveles. En la parte académica, se han creado Programas de Posgrado con énfasis en Inteligencia Artificial como el Doctorado en Inteligencia Artificial, El Doctorado en Tecnologías de Información y Comunicaciones (con una especialidad en Sistemas Inteligentes), la Maestría en Sistemas Inteligentes, y recientemente, el Programa de Posgrado en Ciencias Computacionales, programa con orientación científica y cuyo plan está basado en Inteligencia Artificial. En nivel licenciatura se han abierto también Especialidades y Concentraciones en Sistemas Inteligentes que aún son ofrecidas a la fecha.

Desde la perspectiva de Investigación, el Centro de Inteligencia Artificial fue fundado con la integración de 25 profesores investigadores y tres laboratorios: Sistemas Basados en Conocimiento, Sistemas Bioinspirados y Robótica Inteligente. Con respecto a la diseminación del conocimiento, en 1988 se gestó el Congreso Internacional de Inteligencia Artificial que se llevó a cabo anualmente de 1988 a 1999, para luego evolucionar al congreso MICAI Mexican International Conference on Artificial Intelligence que está vigente a la fecha. El impacto de la investigación y desarrollo tecnológico en el Tec ha permeado al sector industrial, donde a través de diversas alianzas y acuerdos se han desarrollado soluciones para enfrentar problemáticas reales en múltiples dominios como acero, industria química, cementos, financiera y también en salud. Finalmente, se puede mencionar la internacionalización como un

pilar importante en esta evolución donde visitas, estancias, eventos y proyectos se han llevado a cabo con importantes instituciones en el mundo.

Fortalezas del GIEE

Tenemos la misión de realizar investigación básica y aplicada en el desarrollo de sistemas inteligentes con una variedad de aplicaciones en optimización y logística, salud, pronóstico, negocios e ingeniería. Las fortalezas se enfocan en la generación de métodos y algoritmos innovadores relacionados con técnicas como inteligencia computacional, modelos heurísticos para optimización, generación automática de algoritmos, sistemas multi-agentes, minería de datos, cienciometría, inteligencia ambiental, y la combinación de ciencia de datos, optimización y aprendizaje automático.

En cuestión de recursos humanos el grupo cuenta actualmente con 10 profesores investigadores adscritos, colaboradores en otros grupos e instituciones, investigadores posdoctorales, estudiantes de profesional y posgrado trabajando en los proyectos de investigación y vinculación. En años recientes se han generado publicaciones en revistas indexadas de alto factor de impacto.

Otra fortaleza del grupo es su estrecha relación con la Concentración en Sistemas Inteligentes y Ciencia de Datos de Profesional, así como con el Programa de Posgrado en Ciencias Computacionales, esto es de gran relevancia porque uno de los objetivos del grupo es preparar y entrenar recursos humanos especializados que puedan contribuir posteriormente al desarrollo del campo en el ámbito académico, industrial o gubernamental. La vinculación y colaboración con grupos internos y externos es de gran importancia también porque permite que la investigación realizada se enriquezca desde diferentes perspectivas.

Proyectos que trascienden

Las Hiperheurísticas, que son muy importantes por su relevancia teórica e impacto en el sector industrial, son métodos de solución de problemas combinatorios de optimización.

En el proyecto **Modelos Hiperheurísticos para la Solución de Problemas de Optimización** buscamos resolver problemas de optimización dentro de la línea de Sistemas Inspirados en la Naturaleza y con él nos hemos posicionado como uno de los más activos nacional e internacionalmente. El proyecto surgió a partir del titulado Genetic Algorithms on the Solution of Scheduling Problems, en 1999 y del cual se circunscribió el trabajo doctoral del Dr. Hugo Terashima Marín en ese trabajo se desarrollaron las ideas iniciales de hiperheurísticas. Esa tesis, junto con la publicación Evolution of Constraint Satisfaction Strategies for Examination Timetabling, han sido el punto de partida para el desarrollo del área. Hasta la fecha se han desarrollado alrededor de 10 proyectos en hiperheurísticas apoyados por Conacyt, instancias y universidades internacionales.

Los **Modelos de Ciencia de Datos para la solución de Problemáticas en Compañía Embotelladora** es una colaboración Universidad-Empresa para el desarrollo de un modelo de Ciencia de Datos para el análisis e identificación de las causas que inciden en las ventas de ARCA Continental. Tiene el objetivo de predecir en forma más acertada el comportamiento futuro para con ello establecer las estrategias y promociones adecuadas de ventas, la atención al cliente, y su seguimiento. El objetivo general del proyecto es la generación de modelos de ciencias de datos en combinación con técnicas de IA para determinar una metodología conducente a impulsar la mejora de indicadores clave de desempeño KPI de los clientes en el canal tradicional y a la optimización en la distribución de recursos de la empresa.

El proyecto de **Detección e Interpretación de Conducta Sospechosa en Video usando Técnicas Robustas de Aprendizaje Profundo** busca determinar cómo detectar comportamiento sospechoso y extraer imágenes visualmente relevantes de manera efectiva y eficiente a través del Internet de las Cosas Visual y en Vivo VloT. La meta es desarrollar métodos innovadores para reducir el espacio semántico en detección automática de video, interpretación y recuperación, es decir no solamente imágenes y características, sino también enriquecerlo con explicaciones de alto nivel de situaciones y eventos en conjuntos de datos grandes. Se contempla la in-

clusión de conceptos de cómputo en la nube para que combinado con mecanismos de aprendizaje automático se pueda dar significado a eventos y situaciones en videos. El proyecto se desarrolla dentro de la iniciativa de colaboración Tec-UTSA.

Integración y Ciencia de Datos para la Solución de Problemas de Optimización Continuos propone la generación de metodologías de optimización combinatoria más robustas mediante la hibridación de métodos heurísticos, meta-heurísticos, inclusive hiper-heurísticos, apoyados en la aplicación de las técnicas de Ciencia de Datos. En particular, se desarrollarán metodologías para la solución de problemas de ruteo de vehículos, asignación cuadrática y programación de tareas. Nuestra propuesta es implementar el proceso de Ciencia de Datos para recopilar los datos de los experimentos de optimización con las heurísticas, meta-heurísticas e hiper-heurísticas consideradas en el estudio, procesarlos: limpiarlos, reformatearlos, manipularlos e identificar los datos relevantes, explorarlos y visualizarlos para entenderlos, analizarlos y utilizar aprendizaje de máquina para explotarlos en la toma de decisiones de diseño de los algoritmos de optimización. El Proyecto se desarrolla en colaboración con la Academia China de Ciencias, en particular con el Centro de Economía Ficticia y Ciencia de Datos en Beijing.

Social media influences: Re-domaining fashion industry forecasting to anticipate online extremist radicalization. Este proyecto tiene como objetivo desarrollar investigación profunda e innovadora en colaboración con el Consorcio Nacional en la Universidad de Maryland para el Estudio del Terrorismo y Respuestas al Terrorismo START, por sus siglas en inglés. La innovación del proyecto consiste en adaptar modelos de pronóstico de la industria de la moda y estilo de vida, la cual es muy lucrativa y competitiva, que basa su éxito en modelos de publicidad y propaganda que son muy similares a lo que ocurre en el mundo del extremismo y radicalización. En la moda, se quiere saber lo que el consumidor quiere antes de que él o ella lo sepa. Esto se lleva a cabo con agentes denominados influencers. Estas ideas son las que el proyecto explora en el contexto del extremismo y resultados obtenidos son muy satisfactorios y concluyentes.

Retos de cara al futuro

Las tecnologías de IA están cambiando muy rápido y ese dinamismo evita de cierta manera llegar al grado de maduración de las mismas. Sin embargo, algunas de esas tecnologías están bien establecidas, son robustas y están listas para ser explotadas. Todavía hay cierto escepticismo sobre el verdadero uso y aplicación de IA, por lo que su uso se orienta en la solución de casos específicos de negocio donde el verdadero valor se pueda cuantificar. Un aspecto sólido actual es la generación e incubación de empresas de base tecnológica que permite el desarrollo agresivo de la innovación y emprendimiento con aplicaciones orientadas a ciertos dominios y procesos. Uno de los retos más complicados en la aplicación de la IA en las organizaciones, es la falta de madurez y recursos para llevar a cabo la implementación de modelos basados en IA en sus procesos o solución de problemas.

El futuro es muy prometedor debido a que las tecnologías están evolucionando con mucha rapidez, y su maduración en la producción de herramientas y técnicas ha llevado al punto de producir aplicaciones de alto impacto en diversos dominios. Esa adopción de la IA, derivada de una aplicación estratégica de tecnologías y algoritmos en conjunto con series de APIs, está definitivamente creando nuevas oportunidades. Adicionalmente, el ecosistema de aplicación de IA está permitiendo la creación de más y más líneas de negocios y organizaciones basadas en tecnologías de información.

El potencial de éxito es enorme, pero los líderes en las organizaciones deben planear con tiempo las iniciativas relacionadas con Inteligencia Artificial porque regularmente su implantación y sobre todo, los resultados significativos y de valor, no son inmediatos.



Telecomunicaciones para la Transformación Digital

Líder: César Vargas

Panorama actual

Las telecomunicaciones siempre han jugado un papel central en el desarrollo de los países ya que son un indicador del progreso de una nación. Esta área de estudio se define a través de la colaboración y del desarrollo de dos grandes líneas: las Telecomunicaciones y el procesamiento digital de señales. La primera de ellas se encuentra siempre en evolución, tanto tecnológica, como en la penetración de los servicios que ofrece a la sociedad, que son cada vez más transparentes, al grado de fragmentarse en dos grandes grupos, el de la infraestructura y el de las aplicaciones o servicios. La segunda línea es la del procesamiento digital de señales, que se ha desarrollado exponencialmente en los últimos 30 años. Esta segunda línea es la que desarrolló la tecnología para que tengamos música y videos en dispositivos miniaturizados, también se encarga del desarrollo de aplicaciones biomédicas como ultrasonidos y resonancia magnética, de proporcionar herramientas para el análisis de datos en

este mundo del Big Data, a la vez, se encarga de proveer de inteligencia a los métodos y técnicas utilizadas en una amplia gama de aplicaciones y de posibilidades tecnológicas limitadas solo por la imaginación.

En esta área de estudio se tienen paradigmas recientes que son detonadores de esfuerzos en investigación, en tecnología y en emprendimiento como el del Internet de las cosas (IoT), la quinta generación de comunicaciones móviles o 5G, radio cognitivo, espacios blancos, redes reconfigurables, localización y rastreo, redes definidas por software, sistemas satelitales, sistemas de seguridad y criptografía, entre otros.

Por ejemplo, a nivel internacional ya se tienen definidas en diversos países las bandas de frecuencias que se utilizarán en la tecnología 5G, que trabajará en tres grandes porciones del espectro. La definición de las bandas de frecuencias, y también el liderazgo de organismos gubernamentales de regulación de las telecomunicaciones, han permitido que la academia junto con la industria desarro-



lle investigación estudiando la propagación de las señales. Los resultados que se han obtenido en los últimos años han ayudado a reconocer las problemáticas más importantes para así darles solución, y también han permitido definir las características más importantes que deben tener diferentes tecnologías para los nuevos servicios de 5G. Su uso e infraestructura de transporte permitirán la creación de nuevos escenarios complejos que se deben investigar a fondo, por ejemplo, el de Sistemas de Transporte Inteligente (ITS) y el de ciudades inteligentes. En estos escenarios se estudian las diferentes maneras en las que las señales de la tecnología 5G se propagan y se desarrollan modelos estadísticos para predicción de la cobertura de la señal, para así poder diseñar algoritmos de diseño y planeación de redes que determinan las necesidades de la colocación de antenas transmisoras, y la cantidad de estas. Esta es un área muy retadora actualmente ya que los escenarios son muy diferentes entre situaciones en túneles, grandes avenidas, calles estrechas o carreteras en campo abierto.

Ya desde 2018 a nivel internacional, se ha iniciado la investigación para el desarrollo de la tecnología 6G sobre todo en Europa, pero para poder definir el camino, se requieren de decisiones en el uso de bandas de frecuencias para la experimentación e investigación. A menos de un año de que se despliegue el servicio de 5G en 2020, en México aún estamos en la toma de decisiones para el manejo de las bandas de frecuencias que serán utilizadas. Otra situación es la que sucedió con la digitalización de la televisión, donde se liberan porciones del espectro de frecuencias que se les llaman espacios blancos de televisión y que actualmente el gobierno no ha definido su posible uso ya que todavía hay disputas legales sobre esas frecuencias, pero que en caso dado que se llegue a su explotación, se beneficiarían a muchos ciudadanos con el uso de esos espacios blancos, especialmente en zonas rurales donde es difícil la penetración tecnológica. A nivel internacional ya existe un estándar con este propósito y marcos legales en diferentes países desde el 2013.

Dentro de las iniciativas futuras en investigación dentro del área de las telecomunicaciones, tenemos la tecnología 6G que apenas es un concepto, el desarrollo de comunica-

ciones cuánticas, el diseño de circuitos ópticos con nanotecnología o fotónica de silicio, la comunicación en bandas de frecuencias más altas como tera-Hz (THz), desarrollo de sensores y redes para el paradigma de IoT sin baterías, y que permite desarrollar algoritmos que son eficientes en el consumo de energía, también el desarrollo de capacidades de diseño de nanosatélites y el desarrollo de comunicaciones inteligentes.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

El área de estudio se desarrolló fuertemente entre 1994 y el año 2000. En México se abrieron los servicios de telecomunicaciones a la privatización, específicamente de los servicios de telefonía de larga distancia, y al mismo tiempo se permitió que en servicios de comunicación móvil hubiera una participación extranjera del 49%. Esto detonó la generación de recursos humanos de alta espacialidad y el diseño de programas académicos de carreras profesionales y posgrados en diferentes partes del país. En el Tec de Monterrey, se desarrolló el programa de la maestría en Telecomunicaciones junto con el Centro de Electrónica y Telecomunicaciones (CET) que permiten la conjunción de un equipo de investigadores que proporcionan fortalezas al programa de posgrado y a la carrera de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones. Desde aquellos años a nivel mundial se tienen comportamientos exponenciales en el crecimiento y penetración de los servicios de comunicaciones móviles, por lo que el CET toma tres líneas para su concentración que son: comunicaciones inalámbricas, redes de alta velocidad y procesamiento de información. Tanto en el número de profesores como en el de estudiantes dentro del área se tuvo un crecimiento muy importante, permitiendo que se desarrollaran proyectos con la industria donde los estudiantes se involucraban y en algunas ocasiones hacían estancias. Se desarrollaron alianzas con empresas nacionales y extranjeras como Nortel Networks, Motorola, Lucent Technologies, Bosch Telecom, TV Azteca, Marcatel, AT&T, Telmex, entre otras. El área de telecomunicaciones se posicionó en la Institución como un área consolidada y con producción científica de calidad avalada por Conacyt y el SNI.

Fortalezas del GIEE

La alianza con instituciones extranjeras en donde se han realizado colaboraciones en investigación, estancias y proyectos. La productividad científica del grupo es sólida y ha mantenido indicadores de citas y número de publicaciones estable en los últimos años. El GIEE se ha enriquecido con la contratación de postdoctorantes, nuevos profesores, sobre todo extranjeros provenientes de Irán y de España, así como en estudiantes extranjeros y de nuestra propia Institución.

A lo largo de 25 años, hemos atraído estudiantes de otras instituciones para que desarrollen estancias y su investigación de tesis de posgrado. La atracción de fondos por proyectos también es importante, por ejemplo, en este 2019 el GIEE cuenta con tres proyectos financiados por el fondo de SEP-CONACYT de Ciencia Básica, además de proyectos de otras instituciones u organismos como la Royal Society, IEEE, y la Agencia Espacial Mexicana.

Hemos establecido colaboración con diferentes instituciones extranjeras como la Universidad de California en Berkeley, Arizona State University, el MIT, Louisiana State University, La Universidad de British Columbia, la Universidad de Massachussets (Amherst), la Universidad Pública de Navarra, la Universidad de Birmingham en Reino Unido, la Universidad de Essex, la Universidad de Vigo, la Universidad de Samara en Rusia, entre muchas otras.

Proyectos que trascienden

La generación de recursos humanos de alta especialidad es primordial para el GIEE ya que esto tiene un impacto social multiplicativo que trasciende. A lo largo de 23 años se han graduado más de 200 estudiantes de posgrado con especialidad en telecomunicaciones con investigadores dentro del GIEE como asesores.

Respecto a los proyectos que han trascendido, se tiene el de uso de etiquetas de identificación por radiofrecuencia (RFID) para escenarios vehiculares, que se desarrolló en colaboración con la UNAM y el IPN, con financiamiento de Conacyt y de la Secretaría de Seguridad Pública. Posterior a la ejecución de

este proyecto se establecieron los mecanismos para que todo vehículo nuevo en el país cuente con una etiqueta en el parabrisas de RFID.

Otros proyectos importantes han sido los que se han desarrollado en colaboración con Estados Unidos, específicamente los de financiamiento conjunto de Conacyt y de la National Science Foundation, NSF. Hemos tenido dos de estos proyectos, el primero con la Universidad de Texas en San Antonio sobre acceso a recursos en redes celulares, y el segundo con la Arizona State University sobre el diseño de sensores y la localización. En este último proyecto se establecieron las reglas para la formación de consorcios nacionales con la industria y la academia como partes fundamentales del desarrollo.

Dentro de la investigación de ciencia básica se han desarrollado varios proyectos que han atendido necesidades en las redes de comunicaciones, el diseño con nanotecnología de dispositivos ópticos, el diseño de algoritmos para sistemas masivos de antenas, el estudio de las señales en THz con aplicaciones biomédicas, el diseño y desarrollo de nanosatélites, la generación de algoritmos de localización y rastreo vehicular, el estudio de sistemas multimedia que integran voz y datos en la comunicación

Retos de cara al futuro

En el área de desarrollo tecnológico se encuentran las iniciativas y nuevos paradigmas que se están desarrollando o que se desarrollarán como IoT, 5G, 6G, radio cognitivo, comunicaciones cuánticas, fotónica de silicio, comunicaciones THz, satélites. La característica es que la electrónica y software de algunas de estas iniciativas no existe todavía y la definición de los paradigmas a través de la investigación científica permite tener una visión de lo que será necesario tener para hacer que esos paradigmas sean una realidad en el futuro. El gran reto en esta área es tener esa visión futura en la investigación científica para el desarrollo de herramientas o marcos de referencia teóricos que permitan la definición de esos paradigmas y el posterior desarrollo de la tecnología.

También es necesario consolidar un grupo multidisciplinario para abordar retos en conjunto con otras áreas afines. Por ejemplo, el

desarrollo de un sistema satelital de comunicaciones tiene necesidades de conjuntar esfuerzos de las áreas de mecánica, electrónica, mecatrónica, computación, negocios y sociales, ya que las implicaciones, y beneficios estarán presentes en la sociedad.

El futuro del desarrollo tecnológico es infinito ya que el ser humano está en la búsqueda de nueva tecnología que le permita tener mejores condiciones de vida. Debemos adaptarnos a los cambios de las necesidades que demanda la sociedad y proponer paradigmas que proporcionen soluciones de cambio. La adaptabilidad es necesaria para ver al futuro, ya que, al encontrarnos en la

parte central del desarrollo de la tecnología, la obsolescencia se encuentra presente en cada instante.

Una de las nuevas iniciativas que estamos formando es la del grupo aeroespacial para el diseño y desarrollo de nanosatélites. La carrera espacial se ha democratizado y debemos ser de los jugadores principales en el país y en la región. La adaptabilidad consiste en traer los conocimientos del área y adaptarlos para que potencien el diseño de nanosatélites, pero también la adaptabilidad se encuentra en el unir esfuerzos con otras disciplinas para hacer una realidad este desarrollo.



Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud

**Nuestra meta es reinventar el bienestar de la población,
más allá de la crucial tarea de aliviar y mejorar la calidad
de vida de las personas, generando investigación
y conocimiento en pro de la salud.**

Biociencias Aplicadas para la Salud

Líder: Arturo Santos García

Panorama actual

El área de Biociencias Aplicadas para la Salud es por origen un área multidireccional y multidisciplinar, cuyo paradigma principal es el desarrollo de investigación científica traslacional en salud, no existe en realidad aplicación de las áreas biomédicas sin su implementación en soluciones que impacten la salud de la población. Su objetivo principal es la reducción de la incidencia de enfermedades, su morbilidad y mortalidad, mediante la transformación de los diferentes descubrimientos científicos realizados en el laboratorio, la clínica o los estudios poblacionales en nuevas estrategias y herramientas clínicas que mejoren la salud humana. A diferencia de la investigación clínica, la investigación en Biociencias Aplicadas con enfoque traslacional fomenta la multidireccionalidad y multidisciplinariedad, transfiriendo las mejores prácticas y tomando siempre en cuenta que las soluciones sean costo efectivas, considerando las estrategias de protección industrial de los desarrollos e incluyendo el

procedimiento necesario para su validación en protocolos clínicos, por lo que los actores involucrados van más allá del personal de atención a la salud de forma exclusiva. Este tipo de investigaciones abarcan entre otros aspectos el desarrollo de aplicaciones de nuevos biomarcadores, el descubrimiento y regulación de agentes farmacológicos, y en la relación directa con el área clínica, el desarrollo de nuevas herramientas de diagnóstico e intervención terapéutica. Para su exitosa ejecución se requiere de herramientas de vanguardia como las nuevas técnicas computacionales en bioinformática que impactan el área genómica, la nanotecnología, la terapia celular, las técnicas de cultivo de tejidos, y todos los avances en la frontera del conocimiento que aspiran a convertirse en soluciones a los problemas de la atención de la salud poblacional. Es de tal relevancia que, desde diciembre del 2011, el gobierno de Estados Unidos creó el National Center for Advancing Translational Science como parte de sus National Institutes of Health, NIH, con el objetivo de transformar la ciencia traslacional y conseguir más tratamientos para más



pacientes más rápidamente. En el 2018 se formó en México el Consorcio Nacional de Investigación en Medicina Traslacional e Innovación, con el aval del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Conacyt, con el objetivo de acelerar su desarrollo en nuestro país.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

El Tec cuenta con grupos de investigadores formados en diferentes disciplinas que persiguen objetivos de las biociencias aplicadas al área de la salud. Resaltan por su importancia y trascendencia los grupos de investigación de la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud entre los que se encuentran los GIEE de Bioingeniería y Medicina Regenerativa, Investigación en Cáncer, Genética Humana, Enfermedades Metabólicas y Bioinformática por mencionar algunos, así como el GIEE en Ingeniería Biomédica de la Escuela de Ingeniería y Ciencias. El GIEE en Biociencias Aplicadas para la salud se diferencia por su enfoque traslacional integrado como parte de sus líneas de investigación así como de su modelo de gestión de su actividad científica, y de desarrollo tecnológico. Han sido declaradas cuatro líneas de investigación: El estudio de los procesos bioquímicos del organismo asociados a las enfermedades y sus complicaciones, El estudio de los procesos de inflamación y daño oxidativo asociados a las enfermedades crónico degenerativas y sus complicaciones, El desarrollo de soluciones mediante la creación de procesos, dispositivos y fármacos innovadores, orientados a la prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades y la validación clínica de propuestas innovadoras de procesos, dispositivos y fármacos, considerando las buenas prácticas clínicas y los aspectos regulatorios nacionales e internacionales. Estas líneas de investigación son un diferenciador en la escena de investigación nacional e internacional.

Fortalezas del GIEE

El GIEE en Biociencias Aplicadas para la Salud, cuenta con un equipo multidisciplinario de investigadores que le permite el abordaje de los problemas de atención a la salud desde todas las perspectivas, partiendo de las necesidades, el desarrollo de ciencia básica, el mecanismo necesario para establecer los

modelos de estudio preclínicos y el desarrollo de investigación clínica con perspectiva de transferencia de la solución. Además cuenta con sólidas alianzas regionales, nacionales e internacionales, tanto con la academia como con la industria y los organismos gubernamentales. Esto permite generar una red de colaboración entre todos los actores en el proceso de innovación desde la perspectiva de la medicina traslacional. De igual forma se ha diseñado y construido la infraestructura necesaria, siguiendo una estrategia de crecimiento a través de la colaboración, un ejemplo de ello ha sido la creación de la sede del Laboratorio Nacional en Imagenología e Instrumentación Médica, en alianza con universidades públicas y con respaldo del Conacyt. Además de las instalaciones de alta especialidad de la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud y de las unidades creadas con socios estratégicos como la Unidad de Investigación en Enfermedades Metabólicas dentro del Instituto Nacional de Nutrición. El grupo cuenta además con sinergias establecidas con actores clave como el Instituto de Emprendimiento, cuya colaboración permite la creación y seguimiento de los procesos de desarrollo innovadores, sin ellos la generación de valor no estaría completa.

Proyectos que trascienden

Entre los proyectos que han logrado un nivel de desarrollo importante con la filosofía de proporcionar soluciones fundamentadas en una rigurosa investigación científica así como un seguimiento de estándares de gestión para su desarrollo, incluye el registro de la propiedad intelectual y el proceso de transferencia; resaltamos los siguientes:

- Sistema oftalmológico basado en nanotecnología para la administración tópica de fármacos dirigidos al tratamiento de padecimientos que afectan a la retina, evitando el uso de procedimientos invasivos como las inyecciones intraoculares.
- Sistema para la identificación de casos potenciales de Edema Macular Diabético utilizando procesamiento de imágenes y técnicas de inteligencia artificial para empoderar al médico de primer contacto en el proceso de tratamiento.
- El desarrollo de un dispositivo portátil para la generación de ambiente estériles que permita ejecutar procedimientos de atención oftalmológica ambulatoria.

- El uso y validación de un sistema de pre-diagnóstico basado en el procesamiento de imágenes y estimación de propiedades mecánicas, para la detección de lesiones en la membrana timpánica por el médico de primer contacto.

Retos de cara al futuro

El reto más importante es lograr impactar, desde la investigación traslacional, en la solución de los problemas de gran relevancia en la salud de la población; entre los que se encuentran: el impacto económico del costo de tratamientos prolongados, las consecuencias del incremento en la expectativa de vida y el aumento de la prevalencia de problemáticas complejas, como la obesidad, diabetes y síndrome metabólico. De igual forma, lograr la rápida integración de las mejoras en el desarrollo tecnológico y las técnicas de diagnóstico que otorgan tratamiento a enfermedades de reciente identificación, patologías comunes además de las

raras o poco frecuentes y el hecho ineludible de que muchos de los aspectos básicos de las áreas biológicas son aún insuficientes para traducir automáticamente los hallazgos actuales en formas eficientes de prevención y tratamiento. Contar con grupos de investigadores con apertura y capacitación en el trabajo multidisciplinario, con visiones de todas las áreas necesarias, ciencia básica, ciencia clínica, bioingeniería, emprendimiento y negocios.

Estos objetivos podrán alcanzarse en la medida en que los avances continuos en descubrimientos básicos biomédicos se combinen de manera eficiente con una ciencia traslacional eficaz, de otra manera, la necesidad del impacto en la sociedad a través de la atención clínica no sucederá. Es necesario fortalecer la investigación multi e interdisciplinaria enfocada en la solución de problemas, establecida dentro de modelos de gestión de la investigación y el desarrollo tecnológico.



Bioinformática para el Diagnóstico Clínico

Líder: Víctor Manuel Treviño Alvarado

Panorama actual

La Bioinformática o Biología Computacional se enfocan en el estudio y análisis de información, datos, y conocimiento del área biológica y/o médica para generar nuevo conocimiento, nuevas herramientas, o proponer soluciones a problemas científicos. Específicamente en el área de medicina, se incluye la información clínica, resultados de laboratorio, todo tipo de imágenes médicas, y monitoreos en tiempo real como geolocalización, actividad física, niveles de metabolitos, ritmo cardiaco, entre otros.

La bioinformática nació como una necesidad, a finales de los '80s y principios de los '90s, para almacenar y buscar pequeños fragmentos de secuencias de ADN de genes ya conocidos con el fin de indentificar similitudes o encontrar nuevos genes. El ADN que tiene un alfabeto reducido (A,C,G,T), confuso para los humanos, sin espacios ni bordes de palabras en el que buscar similitudes era un problema complejo. La solución fue BLAST, el

programa bioinformático más importante en esos tiempos. BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) es el equivalente a un buscador actual de internet pero diseñado específicamente para buscar secuencias de ADN. Desde entonces, la cantidad de información de genes, proteínas, metabolitos, y drogas se multiplicaba cada año, así como la cantidad de herramientas computacionales para su análisis.

A principios del año 2000 hubo una explosión tecnológica para analizar la información genética de miles de genes en un mismo ensayo arreglados de forma matricial en una laminilla de microscopio. Esta tecnología llamada microarreglos generó miles de millones de datos en todo tipo de sistemas biológicos y todo tipo de condiciones médicas. En pocos años se sumó la tecnología secuenciación masiva, la cual podía obtener la información genética de especies, personas o tumores en pocos días generando Terabytes de información naciendo la era Genómica. La secuenciación y microarreglos también se han usado para estudiar los detalles más



profundos de genética como los genes o sus variaciones asociadas a enfermedades, las mutaciones que causan cáncer, como funcionan las drogas a nivel celular, muchos otros detalles del funcionamiento nuclear celular, e incluso los genomas de microorganismos, insectos, y muchas plantas.

Otras tecnologías también avanzaron, sobretodo en el área de imagenología médica, donde se genera información a nivel macromolecular como la resonancia magnética nuclear, la tomografía computarizada, imágenes de microscopía y ultrasonido. Muchos algoritmos y métodos computacionales se fueron desarrollando para medir y obtener información capturada en las imágenes médicas que se suman a la gran cantidad de información médica y clínica. Por otro lado, nuevas tecnologías se han desarrollado como los detectores de movimiento para medir actividad física, ritmo cardiaco y geolocalización. En resumen, la cantidad de datos en medicina y el potencial para adquirir más información requiere personal especializado y métodos computacionales específicos para procesar, analizar, y darle sentido a los datos biomédicos.

Internacionalmente, hay un gran número de institutos exclusivamente bioinformáticos (Bioinformatics, Biostatistics, Genomics, Systems Biology, Computational Biology, Precision Medicine) prácticamente en cada ciudad importante en Estados Unidos, Europa, y en algunos países asiáticos. En México, la UNAM inició un programa de biología computacional a mediados de los '90s liderado por el Dr. Julio Collado. Actualmente no hay un instituto específico sino que los pocos investigadores están diseminados en distintos institutos, centros o grupos de investigación en todo el país.

En el Tec de Monterrey el área de bioinformática inició alrededor del 2007-2008 como Cátedra de Investigación propuesta por el Dr. Víctor Manuel Treviño Alvarado, graduado en la Universidad de Birmingham de Inglaterra y experto en el análisis de datos moleculares y genéticos en cáncer. En ese entonces, fue el primer grupo en bioinformática en el norte del país. Al poco tiempo se unió el Dr. José Gerardo Tamez Peña, graduado de la Universidad de Rochester de New York y experto en el análisis de datos de imágenes médicas. Ambos expertos en computación y diversos

aspectos biomédicos, son pilares actuales del GIEE en Bioinformática para el Diagnóstico Clínico de la Escuela de Medicina.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

El Grupo de Investigación en Bioinformática se ha centrado principalmente en la identificación de los factores más importantes determinados por los datos que permiten distinguir las distintas enfermedades de los pacientes. Estos factores son importantes porque distinguen un tratamiento experimental, o demuestran, validan o soportan una hipótesis. Por ejemplo, hemos identificado y propuesto marcadores moleculares en diversos tipos de cáncer, identificado marcadores de imágenes para inflamación en osteoartritis, propuesto marcadores de mamografías digitales asociadas a aspectos clínicos en cáncer de mama, identificado factores de riesgo en enfermedad de Alzheimer, entre muchos otros.

Para llevar acabo estas tareas hacemos uso extensivo de una gran cantidad de métodos computacionales para análisis de datos, de inteligencia artificial, aprendizaje de máquina, y software de visualización. También implementamos, adaptamos, y diseñamos nuestros propios métodos. Todo esto lo realizamos en computadoras comunes pero ciertos procesos en servidores y clusters de servidores con gran capacidad para procesamiento de datos.

El grupo de investigación realiza una ardua labor de investigación en las propias líneas de investigación pero también cuenta con muchas colaboraciones transversales con otros grupos que permiten procesar los datos obtenidos en sus experimentos. También ha colaborado con grupos importantes de Medicina, Biotecnología, y Computación dentro del Tec, con investigadores en el país en otras instancias como UNAM, UANL, CICESE, UDEM y en el extranjero en Estados Unidos y también en Europa.

Fortalezas del GIEE

Nuestras principales fortalezas se derivan de:
- Un ambiente naturalmente multidisciplinario: Todos los investigadores son ingenie-

ros de carrera y doctores con tesis en áreas biomédicas. Los alumnos que han pasado por nuestro grupo vienen de áreas diversas como medicina, biotecnología, biología, y varias ingenierías tanto dentro del Tec como de otras universidades nacionales. Esto nos da la versatilidad para apoyar investigaciones en diversas áreas biomédicas.

- Publicaciones de alto impacto: Los artículos publicados derivados del grupo de investigación han recibido una gran cantidad de citas y generalmente se publican en revistas internacionales, indizadas y con la más alta calidad.

- Graduados competitivos a nivel internacional: Un sustancial porcentaje de los alumnos ha hecho un grado superior o estancias en universidades o centros de investigación extranjeros. Entre los egresados hay maestros en Groningen Holanda, en Canadá, en Yale, y doctores en MD Anderson Cancer Center de Houston, en Berkeley, y estancias en diversas universidades. La mayoría de nuestros alumnos, incluso a nivel maestría, publica artículos de investigación en revistas indizadas internacionales.

- Investigación de bajo costo: Afortunadamente, dado que los experimentos se realizan con datos, los recursos necesarios para resolver problemas bioinformáticos dependen principalmente de computadoras y del investigador que hace que mucho del trabajo en realidad es de bajo costo líquido. Para una excesiva cantidad de datos, si hay costos extras que normalmente son manejables.

Proyectos que trascienden

Entre los proyectos más importantes del GIEE se encuentran la **Correlación de información de mamografías con la clasificación de subtipos moleculares en cáncer de mama**, la cual ha dado la posibilidad de pensar en una herramienta de diagnóstico muy práctica, barata y potente, además de que ha derivado otros estudios como el de exoma de cáncer de mama en pacientes mexicanos. El **SurvExpress y SurvMicro**, que son herramientas para la validación de biomarcadores en cáncer que han dado una cantidad importante de citas, incluyendo reconocimientos por la revista como artículos más citados. Las **colaboraciones con grupos internacionales** del Broad Institute del MIT/Harvard y del MD Anderson Cancer Center, generando artículos en Nature 2014, Oncogene 2014 y Nature Communications 2013, todos con

una gran cantidad de citas. La herramienta estadística **VALORATE**, que puede identificar genes mutados de baja frecuencia y que actualmente ha derivado en una línea de investigación. El proyecto de **Genética de la Hipertensión Pulmonar Arterial**, dentro del que se ha realizado el primer estudio en latinoamérica para este padecimiento, ha publicado un artículo con sobresaliente cantidad de citas y ha derivado en una gran cantidad de proyectos de investigación en colaboración con el Grupo de Cardiología.

Retos de cara al futuro

Uno de los retos más importantes es la inclusión de México en la era genómica. En otros países hay proyectos genómicos de largo alcance como los conducidos en Inglaterra, Estados Unidos, algunos países Europeos, y otros de Asia, como China, donde se obtiene la información genética de cientos de miles o hasta millones de personas. Dado que la diversidad genética en México es especial derivada del mestizaje y otras castas nativas, esto representa un reto y una oportunidad para la ciencia genómica y bioinformática. Otro de los principales retos en México es la falta de alumnos con preparación en ambas áreas: Biomedicina y Computación.

En la Escuela de Medicina se lanzará en un futuro próximo un proyecto sobre análisis genómicos que generará información importante que desarrollará las áreas de Medicina integrando la Genómica y la Bioinformática como pilares para incrementar el bienestar y la longevidad de los mexicanos.



Bioingeniería y Medicina Regenerativa

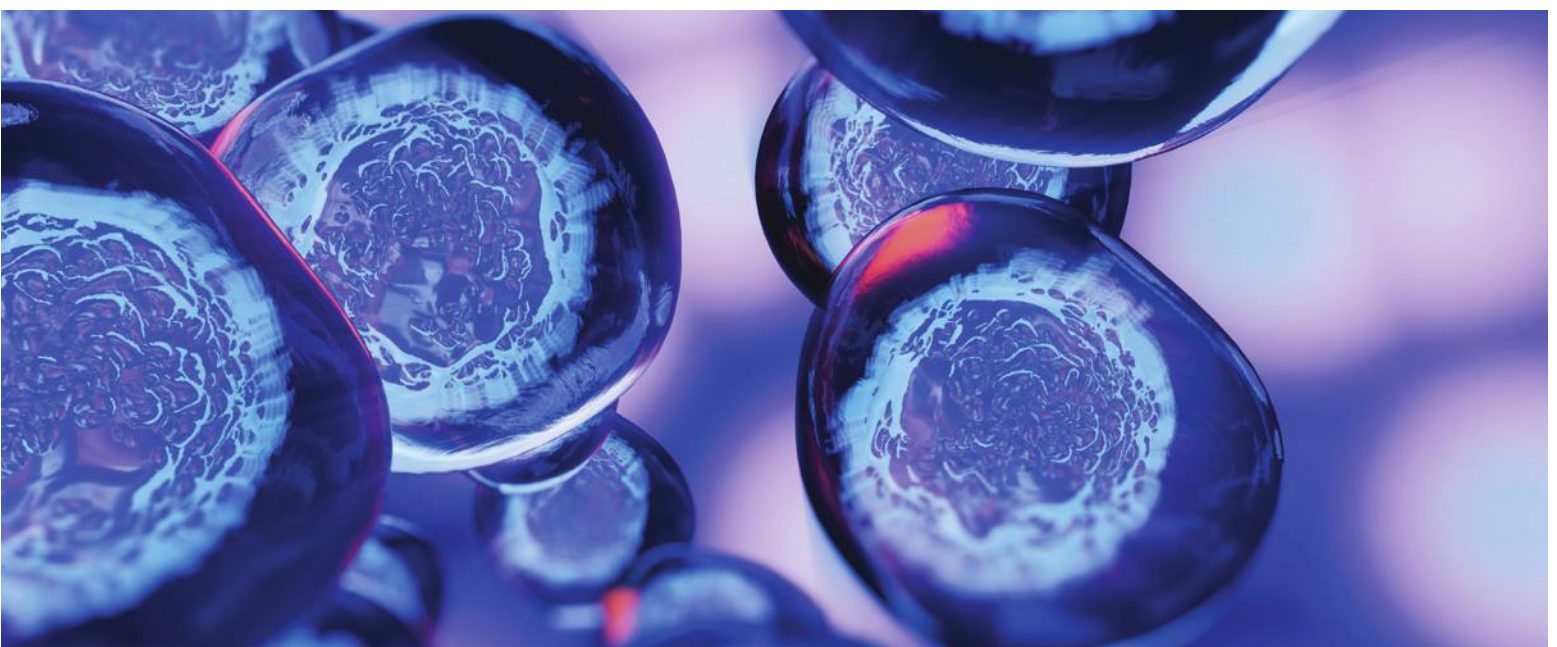
Líder: Marco Antonio Rito Palomares

Panorama actual

Desde la concepción del surgimiento de la medicina regenerativa, ésta ha adquirido una variedad sustancial de definiciones, por lo que es difícil precisar un único concepto de lo qué es y lo qué se busca con esta área. En general, la medicina regenerativa es una rama de la medicina que, empleando ingeniería tisular y biología molecular tiene un enfoque primordial en el reemplazo de células, tejidos y órganos con el fin de restaurar la función fisiológica adecuada de lo afectado. Los ejemplos más representativos incluyen la implantación de células madre programadas para una diferenciación específica, la administración de moléculas biológicamente activas que desencadenen un cambio fisiológico en el paciente y el trasplante de órganos creados in vitro.

Actualmente, la investigación en el área se ha encaminado hacia el empleo de terapias celulares utilizando células propias del paciente (terapia autóloga) o compatibles de

otro individuo (terapia alogénica). Adicionalmente, la implementación de terapia génica en este tipo de procedimientos ha hecho posible la programación de células madre para su diferenciación específica con el objetivo de regenerar el tejido dañado, como se ha observado exitosamente en lesiones cartilaginosas, úlceras dermatológicas y diversas disfunciones tisulares. Los avances en ingeniería genética, han permitido generar células madre a partir de células somáticas. Las denominadas células madre pluripotentes inducidas, iPSCs, representan un gran paso en el camino de la medicina regenerativa hacia su implementación como alternativa terapéutica para múltiples enfermedades. Por otro lado, la medicina regenerativa busca potencializar su impacto al centrar las investigaciones actuales al tratamiento de enfermedades prevalentes con altas tasas de mortalidad. Padecimientos que se encuentran en investigación acelerada con este fin son los relacionados al sistema nervioso central y al sistema cardiovascular. En el caso particular del sistema nervioso central, la investigación del tema ha



aumentado en importancia debido a que gran parte de los trastornos nerviosos no son curables. En este sentido, la medicina regenerativa se ha posicionado como una de las alternativas más alentadoras para el tratamiento de enfermedades crónico-degenerativas y defectos genéticos que hasta el momento no tienen cura como lo son desórdenes músculo esqueléticos, neurológicos, cardiovasculares y hematopoyéticos.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

El GIEE de Bioingeniería y Medicina Regenerativa de la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud está comprometido a promover la medicina traslacional centrada en tres ejes principales:

- Estrategias basadas en células madre: Desarrollo de técnicas de vanguardia para aislar, enriquecer, caracterizar y diferenciar células madre in vitro para fines terapéuticos a través de plataformas bioingenieriles flexibles.
- Nuevos sistemas de entrega: Desarrollo y caracterización de nuevos conjugados polímero-fármaco para mejorar las propiedades farmacocinéticas y el sistema de administración de agentes terapéuticos tales como proteínas y moléculas pequeñas.
- Tecnologías de detección temprana: La colaboración y alianza multidisciplinaria con la Universidad de Houston, permite la identificación de biomarcadores para la detección temprana de enfermedades con el objetivo de implementar su aplicación en la práctica clínica.

Fortalezas del GIEE

- Desarrollo de plataformas bioingenieriles para la industria biotecnológica y de salud.
- Optimización de procesos biotecnológicos para el sector farmacéutico.
- Desarrollo de prototipos biotecnológicos.
- Desarrollo de proyectos multidisciplinarios con enfoque en bioingeniería traslacional para la salud.

Proyectos que trascienden

- Proyecto TEC-UH-Fundación FEMSA | Plataforma novedosa para la detección de

diabetes mellitus tipo 2: Detección de 1,5 AHG en muestras adicionales de saliva.

- Proyecto ELA | Tratamiento de pacientes con esclerosis lateral amiotrófica utilizando células madre CD133⁺ autólogas.
- Bioprocesos de células basados en sistemas de dos fases acuosas para fines terapéuticos.

Retos de cara al futuro

A pesar de su creciente importancia, la medicina regenerativa no es el área de la medicina más popular, ni mucho menos la más explorada. Todo esto se debe a distintas limitaciones que han existido y continúan estableciendo dificultades en el avance de la rama. Dichos retos se pueden clasificar en tres grandes categorías: 1) técnicos, 2) administrativos y 3) económicos.

En cuanto a los retos técnicos, estos se pueden dividir principalmente en dos, los relacionados a la etapa de cultivo y a la etapa de purificación. El cultivo de las células madre tiene las desventajas de que los métodos convencionales para incrementar el número de células están basados en cultivo en placas plásticas utilizando medios que incluyen el uso de compuestos xenogénicos. Aunque estas técnicas presentan algunas ventajas, como simplicidad, bajo costo, facilidad de manipulación y observación; su utilización implica muchas limitaciones como el bajo rendimiento, baja viabilidad y diferenciación espontánea de las células. Estos inconvenientes obstaculizan tanto la utilización de las células en terapias como el escalamiento del proceso. Los retos existentes en el área de recuperación y purificación de células madre incluyen la latente necesidad de desarrollar un método de purificación que sea más rápido, sensible, escalable y que garantice la pureza y rendimiento del proceso, sin comprometer la viabilidad y calidad de las células recuperadas. Actualmente, existen un gran número de metodologías disponibles para la recuperación de células madres. A pesar de ello, aún no existe el método ideal que cumpla con todos los requisitos antes mencionados.

En la categoría de desafíos administrativos, la medicina regenerativa requiere aprobación por parte de organismos regulatorios. Dichos trámites son tardados y la desinfor-

mación, falta de seguimiento y burocracia son inherentes. Legislativamente, no existe Norma Oficial Mexicana, NOM, aprobada que regule su utilización en nuestro país, siendo el proyecto de norma (NOM-260-SSA1-2017) la única iniciativa que ha surgido en este rubro. Y aunque este documento contempla la disposición y utilización de células troncales y progenitoras para fines terapéuticos y de investigación, no incluye células madre extraídas de otras fuentes ya conocidas y exploradas como el tejido adiposo.

El tercer aspecto es el económico, esto debido a los altos costos de los reactivos y de equipo que se requieren en la etapa de investigación para la purificación y expansión de células, además de los costos implicados en su proceso de validación clínica. Esto resulta en costosas terapias celulares que las deja fuera de competencia al comparar su

costo con los métodos terapéuticos actuales. Por otro lado, aunque el interés en la búsqueda de opciones viables para el tratamiento de enfermedades incurables por parte de grandes corporativos y del gobierno en general ha incrementado drásticamente en años recientes, los financiamientos a proyectos de investigación son insuficientes. Aunado a esto, la tarea de proveer un costo accesible a dichas terapias es un reto que se tendrá que enfrentar para popularizar el uso de la medicina regenerativa.

Lo que se busca en un futuro es combatir estos retos así como aumentar la calidad y cantidad de investigaciones dedicadas al área, ya que la medicina regenerativa es una rama de la medicina que tiene el potencial de convertirse en uno de los principales y más potentes pilares en el tratamiento de todo tipo de enfermedades.



Fisiopatología de Enfermedades Metabólicas y Emergentes

Líder: José Guillermo Domínguez Cherit

Panorama actual

Las enfermedades metabólicas representan hoy en día en México y en el mundo una amenaza para las poblaciones, y por consiguiente, para sus sistemas de salud. Estos costos incontrolables para los sistemas de salud se dan en gran medida debido a comorbilidades derivadas de las mismas, entre otras enfermedades emergentes cuya incidencia o cuya expansión geográfica se encuentra en incremento rápido y que amenaza con potencializarse significativamente en un futuro próximo.

El GIEE de Fisiopatología de Enfermedades Metabólicas y Emergentes es un grupo dedicado a la generación de conocimiento en el ámbito de inmunología, genética y mecanismos moleculares relacionados con la patogénesis de enfermedades metabólicas,

inflamatorias e infecciosas emergentes que aquejan a la población mexicana y que son de impacto regional y global.

Este grupo tiene como objetivo central, implementar, desarrollar e innovar en investigación básica, biomédica y traslacional que permita entender los mecanismos fisiopatológicos para generar herramientas y modelos que permitan una mejor prevención, diagnóstico y tratamiento de enfermedades que tienen un alto impacto en la morbilidad y mortalidad tanto a nivel local como global. Entre ellas se encuentran las enfermedades crónicas no transmisibles como obesidad, diabetes, dislipidemias, enfermedades infecciosas emergentes como influenza y tuberculosis así como enfermedades de etiología autoinmune como lupus eritematoso generalizado, entre otras.



Área de estudio en el Tec de Monterrey

El Tec de Monterrey como institución académica tiene como uno de los pilares centrales de este GIEE la formación de recursos humanos especializados de pregrado y posgrado en diversas carreras de salud, ya que todos sus miembros son tutores acreditados de programas académicos de pre y posgrado inscritos en el programa nacional de posgrados de calidad. Adicionalmente, por el perfil de investigadores y las líneas de investigación en esta propuesta de GIEE, consideramos que existen oportunidades importantes de colaboración con grupos de enfoque ya establecidos y consolidados dentro de la misma Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud del Tec de Monterrey, entre los que se encuentran: enfermedades metabólicas, medicina cardiovascular y metabólica, genética humana, investigación en cáncer y bioinformática para el diagnóstico clínico. De igual forma, y en una visión hacia el futuro, permitirá colaborar con otras escuelas, como la Escuela de Ingeniería y Ciencias para dar lugar al desarrollo de innovaciones y generación de patentes y lograr un enfoque traslacional.

Fortalezas del GIEE

El GIEE de Fisiopatología de las Enfermedades Metabólicas y Emergentes cuenta con dos miembros que forman parte del Sistema Nacional de Investigadores Nivel III, tres miembros Nivel II y otros dos miembros Nivel I. Es importante recalcar que el Dr. Carlos A. Aguilar Salinas recibió en el año 2018 el Premio Nacional de Ciencias, máximo galardón otorgado en nuestro país a la contribución en el área de investigación.

Este grupo de investigación cuenta ya con una infraestructura para el desarrollo de proyectos de investigación. En primer lugar es importante resaltar la existencia de la Unidad de Investigación de Enfermedades Metabólicas (UIEM) habilitada en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ) dirigida por el Dr. Carlos A. Aguilar y el Dr. Alexandro J. Martagón. La UIEM cuenta con el equipo ideal y necesario para llevar a cabo un abordaje integral del paciente con enfermedades metabólicas, la cual cuenta con procedimien-

tos certificados bajo la Norma ISO 9001:2015. Asimismo, se encuentra ubicado dentro del INCMNSZ, un sitio clave para la concentración de pacientes con las características necesarias para realizar un impacto positivo a través de la investigación clínica en nuestro país y en el mundo. Por lo anterior, se posiciona como una unidad de investigación con liderazgo nacional e internacional con excelencia en docencia e investigación, aportando soluciones al Sistema Nacional de Salud así como formando recursos humanos de excelencia en áreas de investigación clínica y biomédica.

Por otra parte, el Dr. Guillermo Domínguez y el Dr. José Carlos Crispín cuentan con un laboratorio de investigación en Inmunología en el INCMNSZ y los Doctores Joaquín Zúñiga, Blanca Bazán y Alfredo Santibáñez cuentan con equipos de alta tecnología en biología celular y molecular en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias Ismael Cosío Villegas. Esta naturaleza de colaboración entre la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud del Tec de Monterrey y los Institutos Nacionales de Salud, permitirán compartir infraestructura estratégica para el rápido progreso de los estudios colaborativos que se desarrollen. Por otro lado, el Dr. Joaquín Zúñiga cuenta con un par de laboratorios en el primer piso del edificio CIEE del Campus CCM con equipos de buena calidad para los que se desarrollan técnicas en microbiología, biología celular y de cultivo de tejidos además de equipos de cultivo celular y biología molecular.

Proyectos que trascienden

Durante las últimas décadas, el Dr. Carlos A. Aguilar Salinas y su grupo de investigación se han dedicado a estudiar variantes genéticas presentes predominante o únicamente en población mexicana, que predisponen a enfermedades metabólicas. Ese es el caso de dos variantes genéticas encontradas en los genes SLC16A11 y HNF1A que posicionan a los mexicanos en un riesgo mayor para desarrollar diabetes tipo 2. Asimismo, se han intentado caracterizar de la misma manera otras enfermedades metabólicas como la obesidad y las dislipidemias. Dado que estas variantes genéticas solo se han encontrado en nuestra población, el estudio y comprensión de las mismas, nos permitirá desarrollar nuevas y mejores estrategias de prevención,

diagnóstico y tratamiento para quienes son portadores de estas variantes.

Por otro lado, el equipo liderado por el Dr. José Carlos Crispín, está dedicado a descubrir los mecanismos a través de los cuales las variantes genéticas asociadas a diferentes enfermedades autoinmunes –en particular el lupus eritematoso generalizado– causan predisposición y a identificar cómo las variantes patogénicas se segregan en la población de pacientes para identificar sus efectos biológicos relevantes.

Por último, los Doctores Guillermo Domínguez, Blanca Bazán, Joaquín Zúñiga y Alfredo Santibáñez, han desarrollado proyectos enfocados en la evaluación de las principales características clínicas y biológicas de pacientes graves con influenza A/H1N1 que han permitido conocer las formas de presentación clínica de la enfermedad, los factores de riesgo así como las comorbilidades que más impactan en el curso clínico de la infección y para desarrollar biomarcadores de diagnóstico temprano.

En el ámbito de tuberculosis, han creado el grupo interdisciplinario de trabajo que ha permitido la colaboración entre grupos de epidemiología, clínica e investigación biomédica dando como resultado el desarrollo de proyectos con mayor importancia a nivel científico y que puede traducirse en beneficio social a la población de escasos recursos económicos la cual tiene más alto riesgo de padecer la enfermedad.

Retos de cara al futuro

Los retos que enfrenta este GIEE son los siguientes:

- Caracterizar las enfermedades metabólicas en la población mexicana de manera que se pueda lograr una mejor comprensión de su fisiopatología y así tratarla acorde a estas características.
- Descubrir los mecanismos mediante los cuales ciertas variantes genéticas generan enfermedades autoinmunes, como el lupus eritematoso sistémico, así como la predisposición que causan y la manera en la que se presentan en la población.
- Estudiar los factores clínicos y mecanismos moleculares involucrados en la pa-

togénesis de enfermedades infecciosas por patógenos emergentes y reemergentes y encontrar biomarcadores que permitan establecer nuevas estrategias diagnósticas y de tratamiento.

Para la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud Campus Ciudad de México es vital el grupo de Fisiopatología de Enfermedades Metabólicas y Emergentes ya que es un pilar de investigación, de manera que la integración inicial de todos los investigadores es crucial para dar soporte y empuje a esta iniciativa.

Este grupo cuenta con investigadores experimentados y líderes en sus diferentes áreas por lo que su incorporación garantizará la productividad de éste nuevo grupo. Lo anterior con el objetivo de lograr una visión multidisciplinaria e integral; es decir, no limitarse a realizar investigación de punta, sino generar un campo ideal para la educación, nuevos métodos y/o modelos educativos así como a alcanzar la traslación de los proyectos. Al incorporar componentes de otras escuelas del Tec, el GIEE será también capaz de desarrollar nuevas tecnologías que resulten en publicaciones, patentes, recursos, métodos de enseñanza, entre otros.

Los objetivos próximos del GIEE en Fisiopatología de Enfermedades Metabólicas y Emergentes, son los siguientes:

- Registro de 2 macro proyectos en los Comités de Ética en Investigación de Institutos Nacionales de Salud (INER e INCMNSZ) y del Tec de Monterrey.
- 20 publicaciones por año en revistas de alto impacto científico (Q1 y Q2).
- Búsqueda de financiamientos por Conacyt, NIH y Comunidad Europea presentando solicitudes por más de 10 millones anuales.
- Formación de recursos humanos especializados a nivel de pre y posgrado.
- Inclusión de estudiantes de las carreras de Médico Cirujano, Licenciado en Biociencias, Licenciado en Nutrición y Bienestar Integral, Ingeniero en Biotecnología, y otras, en proyectos de investigación básica, clínica y traslacional, así como eventualmente dirección de tesis de pre y posgrado.



Genética Humana

Líder: Augusto Rojas Martínez

Panorama actual

La genética humana ha sido una de las disciplinas de frontera de la investigación biomédica desde finales del siglo XX porque los desarrollos en el área han permitido desentrañar la naturaleza de la información hereditaria y establecer como las interacciones entre genes y entre genes y medio ambiente definen tanto los rasgos normales como patológicos. El mejor ejemplo es el desarrollo tan vertiginoso del Proyecto del Genoma Humano concluido en el 2003, el cual no solo nos brinda el marco de referencia de la secuencia del genoma de nuestra especie, sino el desarrollo de potentes herramientas que hacen posible secuenciar el genoma completo de pacientes con sospecha de enfermedades hereditarias y la implementación de la Medicina de Precisión, tal vez el avance más relevante de la medicina actual.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

La enseñanza de la genética en las carreras de Ciencias de la Salud en el Tec de Monterrey tiene una larga historia, pues los directivos de

la Escuela reconocieron muy tempranamente la importancia y el auge de esta disciplina en la formación de los futuros profesionales de la salud. A nivel de posgrado, los estudios y las investigaciones en genética médica y humana se implementan rápidamente después de la creación relativamente reciente de los programas de Maestría y Doctorado en Ciencias Biomédicas y del Doctorado en Ciencias Clínicas.

Fortalezas del GIEE

Las áreas de genética humana y clínica son el objeto central del GIEE adscrito a la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, que tiene dos años de existencia. Cuenta con un núcleo básico de cuatro investigadores con reconocimiento del Sistema Nacional de Investigadores. Dos son pediatras, uno de ellos neonatólogo, una es experta en toxicogenómica, un investigador en biología molecular y el líder es experto en terapias génica y celular. Adicionalmente contamos con infraestructura de laboratorio para estudios de genotipificación y con un grupo de colaboradores en el área de la bioinformática.



Proyectos que trascienden

Las principales líneas de investigación son los trastornos del espectro alcohólico fetal y de la exposición gestacional a sustancias adictivas (los teratógenos más comunes en nuestro país), la determinación de las respuestas toxicológicas y adictivas individuales al tabaco, el monitoreo de malformaciones congénitas de relevancia para el área metropolitana de Monterrey, así como de estudios epidemiológicos y moleculares de algunas enfermedades monogénicas y complejas como la fibrosis quística, el labio y paladar hendido. En casi todas estas líneas se ha logrado publicar artículos en revistas de cuartiles 1 y 2, además se han establecido importantes colaboraciones nacionales e internacionales y se ha obtenido un financiamiento de proyecto de Conacyt. Estos logros comienzan a ser reconocidos en los entornos de la ciudad, el país y también en el resto del mundo.

Retos de cara al futuro

Sin dudas, el principal reto del GIEE es trasladar los productos de la investigación a la co-

munidad en general; es decir, acercar todos nuestros desarrollos en herramientas genéticas y genómicas y en nuestros estudios de teratología a la comunidad de Monterrey y de México para contribuir con el desarrollo de la Genética Clínica, de la Salud Pública Genómica y la Medicina de Precisión.

Definitivamente hay un reto, no global, más bien regional. El desarrollo de la genética y la genómica humana y médica ha logrado un avance colosal en los países desarrollados y comienza a despuntar en países de desarrollo intermedio como Brasil y Suráfrica, pero a la comunidad científica mexicana aún le resulta costoso el desarrollar de manera efectiva este tipo de investigación, falta alguna infraestructura y lo principal, falta organización para generar nichos de investigación y desarrollo que son indispensables para el desarrollo de nuestra disciplina.

También hay como en muchos países del mundo barreras y vacíos legales sobre derecho genómico que deben afrontarse para el desarrollo de la genética con pleno carácter social.



Investigación en Cáncer

Líder: Rocío Ortiz López

Panorama actual

El cáncer es un problema de salud a nivel mundial. A pesar de los grandes esfuerzos encaminados al diagnóstico temprano y oportuno, a mejorar las terapias y a evitar recaídas, el número previsto de nuevos casos de cáncer está en crecimiento, y abrumará los centros de tratamiento en todo el mundo; y en los siguientes años se espera un número creciente de muertes por cáncer, particularmente en países de ingresos medianos y bajos.

Muchos países ya aplican con éxito estrategias de prevención y detección oportuna de cáncer, que han demostrado funcionar en forma muy eficiente, principalmente en los países de altos ingresos. Estas estrategias no se han implementado en los países de bajos y medianos ingresos -como es el nuestro-, donde se producen la mayoría de los nuevos casos de cáncer, y dónde pudiera prevenirse gran proporción de esos casos.

El impacto del tabaco, la obesidad y las infecciones son solo parte de un amplio espectro de agentes y factores de riesgo que

contribuyen al desarrollo del cáncer y que juntos, influyen en la sorprendente heterogeneidad geográfica en las tasas de incidencia de los diferentes tumores. Algunos de estos factores de riesgo no son modificables, por ejemplo, el grupo étnico, los antecedentes genéticos-familiares e historial reproductivo y hormonal. En otros casos, las personas pueden estar expuestas a carcinógenos en circunstancias en las que tienen poco o ningún control sobre esto, como es el caso de las exposiciones ocupacionales, los efectos de la contaminación del aire, el agua o el medio ambiente y las exposiciones resultantes del uso de alimentos particulares, drogas o productos de consumo. Todos estos factores impactan en forma particular a las poblaciones y a los pacientes en el desarrollo de neoplasias. Lo que implica una gran responsabilidad la de conocer nuestros entornos y a nuestros pacientes, para desarrollar estrategias de prevención y políticas de salud adecuadas para las necesidades de nuestra población.

En los últimos años hemos sido testigos de la identificación de vías de señalización celular que conllevan a un proceso neoplásico y con ello se han identificado una serie de genes



o biomarcadores que resultan ser potenciales blancos de terapias dirigidas. Estas observaciones derivan de la secuenciación de genoma completo, de exomas o de paneles -de genes en diversos tipos de tumores y de datos complementarios que surgen de las ciencias “-ómicas”, como son la transcriptómica, proteómica, metabolómica, farmacogenómica, entre otras.

Los datos genómicos y similares proporcionan una visión singular de la naturaleza del desarrollo del tumor en el contexto del tejido normal versus el tumoral. La elucidación de los cambios biológicos que caracterizan a las células cancerosas ha evolucionado muchos de los conceptos que se tenían sobre la progresión del cáncer. Por ejemplo, en un inicio, un tumor maligno se consideraba equivocadamente como una simple masa de células cancerosas que crecían en forma descontrolada y sobrepasaban los límites del entorno en el que se encontraban. Ahora se sabe que los tumores son mucho más que solo células tumorales creciendo en forma desordenada, también están conformados por material fibroso adyacente, y diversas poblaciones celulares que desencadenan procesos inflamatorios, vasculares e inmunológicos. Cualquiera de estas poblaciones puede ser, en momentos particulares, críticos para el desarrollo del tumor y por lo tanto, pueden ofrecer un enfoque de prevención o terapia.

Todo este conocimiento ofrece la perspectiva de una mejor detección de la enfermedad en etapa temprana, de una clasificación molecular de malignidad más refinada con relevancia para la epidemiología descriptiva y etiológica; y la evidencia de alteraciones que establecen al menos una base para lo que se denomina Medicina Personalizada o Medicina de Precisión, que promueve el uso de terapias dirigidas o inmunoterapias.

Dichas oportunidades ya se están traduciendo en la práctica clínica en muchos países, pero al nuestro le falta mucho por hacer respecto a la implementación de estos métodos de detección oportuna, de la caracterización de los tumores y en el acceso irrestrictivo e ilimitado del uso de las terapias personalizadas.

Nuestro grupo de enfoque trata de abordar algunas de estas problemáticas menciona-

das al conocer mejor nuestro entorno y las características de nuestros pacientes, con la finalidad de ofrecer alternativas que mejoren la calidad de vida de éstos.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

En la última década, hemos sido testigos de cambios sin precedentes y algunos avances notables que han permitido una verdadera medicina personalizada. Sin embargo, quedan muchos desafíos en la investigación clínica del cáncer y deben superarse si queremos presenciar un progreso similar en la próxima década.

Dichos obstáculos incluyen, entre otros, el desarrollo clínico y las pruebas diagnósticas, la implementación de nuevas terapias de múltiples agentes en combinación, el diseño de ensayos clínicos para acomodar mejor el conocimiento cada vez mayor de la heterogeneidad de la enfermedad, los desafíos regulatorios relacionados con la investigación clínica, el aporte en el desarrollo de fármacos y la financiación para investigación básica.

El GIEE ha desarrollado varias líneas de investigación enfocadas a generar conocimiento y la experiencia para superar algunas de estos obstáculos:

- Validación de una firma genómica de cáncer de mama triple negativo para determinar su aplicación pronóstica con la supervivencia de la paciente.
- Caracterización de perfiles inmunológicos mediante IHC (proteínas) y qPCR (mRNAs) en biopsias de mujeres jóvenes con cáncer de mama y su asociación con la respuesta clínica patológica y potencial beneficio de inmunoterapia.
- Perfil de mutaciones de línea germinal en genes de reparación del DNA en mujeres jóvenes con cáncer de mama y posible beneficio con terapias dirigidas de inhibidores de PARP e inmunoterapias.
- Expresión de UGT8 y el impacto en la concentración de ceramidas circulantes en mujeres con cáncer de mama.
- Caracterización de mutaciones en “driver genes” en Mesotelioma y posible beneficio de medicina personalizada.
- Panorama genómico de mutaciones de línea germinal en pacientes jóvenes con cáncer de mama.

- Caracterización de las rutas de señalización en la plasticidad de células de cáncer de mama que permiten hacer metástasis en cerebro.
- Laboratorio Nacional de Medicina de Sistemas para enfermedades complejas: Entendiendo la enfermedad crónica degenerativa, desde el punto de vista de la salud.

Fortalezas del GIEE

La fortaleza de este grupo de enfoque es la multidisciplinariedad de los integrantes. A este grupo lo conforman por un lado, una gran parte de clínicos investigadores con gran entusiasmo y mucho interés en investigación clínica y por otro lado profesores investigadores con amplio expertise en el tema de investigación básica. En conjunto formamos un equipo de trabajo complementario y altamente productivo.

Una de las fortalezas que ha beneficiado al grupo son las sesiones multidisciplinarias donde cada uno de los participantes tiene su área de expertise y aporta su conocimiento en el diseño de proyectos y en la resolución de problemas. Las colaboraciones con investigadores nacionales e internacionales nos colocan en un lugar "de pares" fuera de nuestra Institución.

Proyectos que trascienden

- Los estudios de mujeres jóvenes en cáncer de mama.
- Una firma genómica para cáncer de mama triple negativo.
- Estudios de genes de reparación de DNA como posibles blancos de terapias dirigidas (inhibidores de olaparib) o inmunoterapias

Retos de cara al futuro

El grupo de investigación es sólido y bien integrado, siempre busca la forma de enfrentar los retos que se presentan. Hay también retos importantes que son intrínsecos del área médica como lograr una gestión efectiva para tener un acceso más ágil a las muestras de pacientes, así como la obtención de recursos para llevar a cabo las investigaciones.

Los retos son numerosos, sobre todo por cuestiones relacionadas a trámites y burocracia propia del área de estudio, pero el futuro es promisorio y con muchas áreas de oportunidad para nuestro grupo de investigación, así como mucha expectativa con los avances que tenemos hasta ahora.

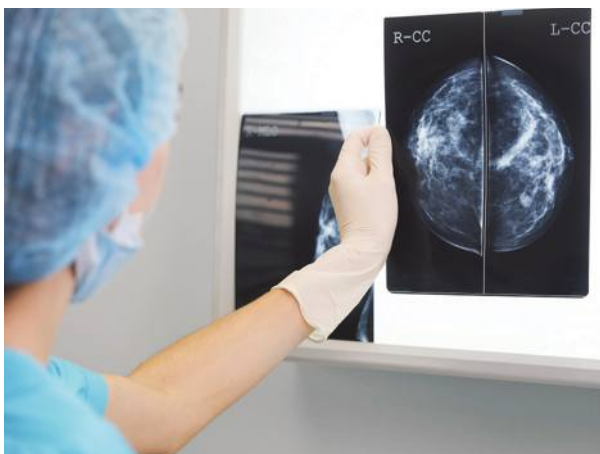
Nuestras investigaciones a futuro estarán muy enfocadas a tópicos calientes de investigación en cáncer como son:

La medicina de precisión: para ofrecer a más personas atención personalizada basada en sus genes e historia.

Inmunoterapias: Las dos formas de inmunoterapia, los inhibidores de "check point" y las CAR Tcell, que están aprovechando el poder del sistema inmunitario para combatir el cáncer.

Farmacogenómica-Epigenética: Los nuevos medicamentos epigenéticos que pueden volver a las células cancerosas a la normalidad en lugar de destruirlas por completo.

Remodelación de la célula cancerosa: Los nuevos conocimientos adquiridos sobre la interacción de genes, metabolismo y señalización celular, que impulsan la metástasis, que es el proceso por el cual el cáncer se propaga, no tienen precedente.



Medicina Cardiovascular y Metabolómica

Líder: Gerardo de Jesús García Rivas

Panorama actual

Las Enfermedades Cardiovasculares, ECV, constituyen un conjunto de entidades que afectan el corazón y los vasos sanguíneos. El daño en el sistema cardiovascular puede comprometer órganos vitales como el cerebro, los riñones y el mismo corazón. Las ECV y los trastornos metabólicos en conjunto, constituyen la principal causa de muerte en las sociedades tanto del primer mundo como de países en desarrollo. Se ha reconocido desde hace más de tres décadas, la existencia de alteraciones metabólicas asociadas con las ECV. En general, es aceptado que el síndrome cardiovascular metabólico está constituido por la manifestación de dislipidemias, resistencia a la insulina y obesidad. Específicamente, la asociación de ECV con alteraciones metabólicas se ha identificado en condiciones como la cardiopatía isquémica, las enfermedades cerebrovasculares, la enfermedad hipertensiva, la arritmogénesis y la insuficiencia cardíaca.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

El reto que presenta el incremento de las ECV y metabólicas en nuestro país, requiere desarrollar acciones rápidas para acelerar la integración del conocimiento sobre los factores determinantes biológicos, la etiología y la patogenia de las ECV.

En este sentido, nuestro GIEE tiene como objetivo caracterizar novedosos mecanismos celulares y moleculares que contribuyen al desarrollo de ECV.

Estamos convencidos de que el estudio profundo de la complejidad y variedad de mecanismos de regulación celular nos permitirá proponer, además de evaluar nuevas terapias experimentales de prevención y tratamiento en modelos preclínicos, que sentarán las bases científicas para la conducción de estudios clínicos en pacientes.



Fortalezas del GIEE

- Es un GIEE interdisciplinario formado por médicos, biólogos, químicos y físicos, comprometidos con el entendimiento de los determinantes biológicos que conducen las ECV. Todos los investigadores del GIEE tienen como enfoque principal el estudio de la disfunción ventricular y abordan el problema de manera integrada en diferentes niveles de organización que van desde lo molecular hasta el estudio en pacientes.
- Comparten infraestructura en el estado del arte para la realización de investigación competitiva, las áreas de trabajo están integradas en el Centro de Investigación Biomédica del Hospital Zambraño-Hellion.
- Existen proyectos en colaboración con otras instancias y se busca financiamiento conjunto, se colabora en múltiples publicaciones y en la codirección de recursos humanos.
- Se promueve la participación en una gran red de colaboración a nivel nacional e internacional de grupos con intereses similares sobre el estudio de ECV y metabólicas como la UNAM, UANL, CINVESTAV, Institutos Nacionales: Cardiología, Pediatría, Nutrición, The Methodist Research Institute, Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad de La Plata, en Argentina, The University of Texas at San Antonio, La Universidad de Granada, Duke-National University of Singapore.
- Hemos construido múltiples proyectos a largo plazo con el área de Biotecnología en la Escuela de Ingeniería y Ciencias que nos han permitido el desarrollo de patentes conjuntas y compartir el Premio Nacional de Tecnología de Alimentos.
- Somos un GIEE en que el 75% de los profesores-investigadores son investigadores consolidados (SNI 2-3), lo que permite una alta tasa de financiamiento, el reclutamiento de candidatos a nivel nacional e internacional y la generación constante de artículos de investigación de alto impacto. Una fortaleza del grupo de investigación es profundizar en los aspectos de la fisiología, lo mismo que la presentación formal de resultados pues ininterrumpidamente desde hace más de una década, semanalmente se discute en total apertura los avances de trabajo experimental y clínico del grupo.

Proyectos que trascienden

Caracterización de las alteraciones metabólicas que subyacen a la disfunción ventricular. Para su adecuado funcionamiento, el corazón depende estrechamente de la energía generada en las mitocondrias, principalmente a partir de la oxidación de los ácidos grasos. Los defectos en la estructura y función de estos organelos, se asocian a disfunción ventricular, miocardiopatía isquémica y muerte súbita. El desarrollo de estas líneas de investigación ha permitido posicionar a nuestro grupo como expertos nacionales en el tema. Hasta el momento se cuenta con un potente arsenal de moléculas con efecto protector en la mitocondria que en el futuro permitirán su evaluación en estudios de seguridad y eficacia en pacientes. Se han graduado más de 15 estudiantes de posgrado en esta línea y hemos obtenido financiamiento superior a los 25 millones de pesos desde 2010.

De las bases moleculares de la hipertensión arterial pulmonar hasta la generación de un consorcio internacional. La hipertensión arterial pulmonar es una patología poco frecuente pero de terrible pronóstico debido a la ausencia de tratamiento eficiente. La hipertensión arterial pulmonar puede presentarse en diferentes formas, entre ellas la idiopática, en ausencia de causa conocida y la hereditaria en caso de relacionarse con una alteración genética. En este sentido, avances recientes moleculares han permitido el descubrimiento de múltiples genes relacionados con la hipertensión arterial pulmonar. Aunque, el fenotipo y el pronóstico asociado a ellos se han detallado, es prácticamente desconocida su contribución en la población de México y América Latina. Este proyecto trata de caracterizar los mecanismos moleculares que subyacen en esta patología, adicionalmente se generó un panel para "screening genético" con el grupo de Bioinformática, y permitió la generación de un consorcio Latinoamericano para el estudio genético de la hipertensión arterial pulmonar con Chile, Perú, Venezuela, Colombia y Brasil.

Generación de una empresa de base tecnológica para el desarrollo de compuesto nanoestructurado para el tratamiento de las ECV. El desarrollo de Nanotecnología por medio de técnicas innovadoras ha permiti-

do fabricar partículas nanométricas con un tamaño inferior a los 100 nanómetros que potencialmente pueden acarrear fármacos, genes, proteínas, entre otros. Considerando estos enormes avances, este proyecto permitió la fundación de la empresa Nano4Heart en la que se generan y prueban nanomateriales biocompatibles para abatir las ECV. Estos sistemas pioneros permitirán generar una terapia específica y con menos efectos secundarios. En esta empresa hemos tenido contratos para realizar actividades de investigación y desarrollo con Cardiol Therapeutics con sede en Canadá y con SulfaGenix con sede en Australia. En donde estamos desarrollando validación preclínica de actividad biológica para la preparación de un dossier para FDA en EE. UU. y COFEPRIS en México.

Este proyecto ha generado financiamiento superior a los 2 mil millones de dólares.

Retos de cara al futuro

El grupo de investigación detecta áreas de oportunidad para la investigación futura y las investigaciones más próximas están enfocadas en las siguientes líneas:

- Entender los mecanismos de la insuficiencia cardiaca con fracción de eyección preservada.
- Caracterizar el riesgo de obesidad en el desarrollo de insuficiencias cardiaca y arritmogénesis.
- Determinar el riesgo de la mujer en el desarrollo de EVC y metabólicas, entender la contribución de los estrógenos y otras hormonas esteroideas.



Terapias Innovadoras en Ciencias Visuales

Líder: Jorge Eugenio Valdez García

Panorama actual

El GIEE de Terapias Innovadoras en Ciencias Visuales se enfoca en el abordaje de problemas de salud pública visual desde la investigación clínica/epidemiológica y traslacional.

Actualmente, los esfuerzos en la práctica clínica se centran en la prevención de la pérdida de la visión y del desarrollo de enfermedades asociadas a la edad, dada la dificultad de tratarlas una vez desarrolladas. A nivel mundial se estiman 1.3 billones de personas con algún tipo de daño visual, según datos de la OMS, 2019 y se estima que este número crezca en los siguientes años. Desafortunadamente, el 90% de las personas con discapacidad visual se encuentran en países en vías de desarrollo. Enfermedades como las cataratas, el glaucoma y el daño en la córnea son las principales causas de pérdida de visión. En México, la córnea es el segundo órgano que más se trasplanta y del que existe un gran número de pacientes en lista de espera, con un rezago anual, según datos del CENATRA. Otras enfermeda-

des oftalmológicas no incapacitantes con alta prevalencia en nuestra población, como el pterigión, no cuentan con un tratamiento farmacológico, haciendo que el acceso a la remoción quirúrgica sea inaccesible por el costo que implica.

La investigación actual en el área y en nuestro Grupo, se centra en el desarrollo de estrategias terapéuticas para disminuir la necesidad de tejido donante en el trasplante de córnea, desarrollo de dispositivos de liberación prolongada de fármacos intraoculares, análisis de marcadores moleculares para el diagnóstico oportuno de enfermedades oftalmológicas, desarrollo de tratamientos farmacológicos con base biotecnológica, investigación epidemiológica y en tratamientos quirúrgicos avanzados para mejorar la eficiencia y respuesta en el paciente. Con ello, nos posicionamos dentro de los grupos nacionales en investigación oftalmológica para atender problemas de salud y generar nuevas medidas terapéuticas, diagnósticas y de prevención.



Área de estudio en el Tec de Monterrey

El GIEE de Terapias Innovadoras en Ciencias Visuales desarrolla investigación traslacional, clínica y epidemiológica en el Tec de Monterrey dentro del Instituto de Oftalmología en el Hospital Zambrano Hellion y en el laboratorio de Investigación e Innovación de la Escuela de Medicina a través del programa multicéntrico de Residencia en Oftalmología, los programas de subespecialidad en córnea, oftalmología pediátrica y retina; además de los programas de posgrado en Ciencias Clínicas y en Ciencias Biomédicas. En conjunto con otros grupos, nos hemos enfocado en abordar las principales problemáticas oftalmológicas que afectan a pacientes de nuestro país, como es la ceguera corneal, el pterigión y el tratamiento de enfermedades de la retina a través de dispositivos biomédicos biodegradables, terapia celular, desarrollo de materiales biocompatibles, ingeniería de tejidos, pruebas en modelos preclínicos y estudios moleculares.

Fortalezas del GIEE

En el GIEE de Terapias Innovadoras en Ciencias Visuales se lleva a cabo investigación clínica y traslacional. Los investigadores médicos con especialidad en oftalmología y diferentes subespecialidades, y aquellos con expertise en otras áreas interactúan constantemente para buscar solucionar problemas de salud visual en un equipo multidisciplinario en el cual además se realiza colaboración con otros grupos institucionales como el de bioinformática, materiales y nanotecnología y nutraceuticos. Las colaboraciones internacionales con Universidades como Johns Hopkins, Universidad de Oviedo y Universidad de California, han enriquecido y fortalecido las líneas de investigación. La participación en congresos nacionales e internacionales permite a los miembros de este Grupo mantenerse a la vanguardia en las líneas de investigación. Las problemáticas abordadas afectan a una gran población y son incapacitantes, por lo que el reconocimiento de los avances en las investigaciones de este grupo en convocatorias de atracción de fondos y en diferentes premios ha sido crucial para el crecimiento. La formación de recursos humanos a través de alumnos de licenciatura en estancias de investigación

nacionales y de intercambio de diferentes áreas como odontología, biotecnología, biociencias, ingeniería biomédica y medicina; de servicio social en la licenciatura en medicina, de los posgrados en Ciencias Clínicas y Ciencias biomédicas, hace de nuestro grupo un nicho de interacción diverso. La interacción de los miembros del GIEE con los investigadores colaboradores y alumnos a través de seminarios, es además un espacio de enriquecimiento y crecimiento enfocado en la retroalimentación continua y búsqueda de estrategias de mejora constante.

Proyectos que trascienden

El proyecto del desarrollo de un tejido corneal biocompatible por ingeniería de tejidos como alternativa al trasplante de córnea, ha sido el emblema de nuestro GIEE. Este proyecto busca disminuir la necesidad de tejido donante para el tratamiento de la ceguera corneal. Su alcance podría beneficiar a las ~8 mil personas que se encuentran en lista de espera para este órgano en México, haciendo el procedimiento más accesible y económico. En este proyecto han participado alumnos del posgrado en biotecnología, en ciencias biomédicas, de estancia de investigación, de la residencia en oftalmología y de la subespecialidad en córnea. La formación de recursos humanos ha sido una parte importante del impacto de este proyecto. Se han generado 4 publicaciones en revistas indexadas internacionales, el proyecto ha sido recibido el fondo de Problemas Nacionales de Conacyt del año 2017 y sus avances han sido presentados en el Congreso internacional ARVO cada año desde 2012. Durante el desarrollo de este proyecto se han establecido colaboraciones con la Universidad de Oviedo y la Universidad de Johns Hopkins.

Además, ha sido reconocido por el Premio Rosenkranz 2014, Premio Bienal de Oftalmología 2016, Premio Estatal de Investigación en Salud 2016 y dentro de Los Proyectos del Tec que están Transformando a México.

Retos de cara al futuro

Acortar la brecha que existe entre el conocimiento generado y los avances en la investigación traslacional multidisciplinaria así como la práctica médica sin duda es el mayor reto. Que los tiempos entre la generación

de evidencia y la aplicación sean menores y el continuar fomentando la participación de investigadores con diferentes formaciones para un objetivo común.

Darnos a conocer como grupo, dar a conocer los avances de nuestras investigaciones y los miembros de nuestro equipo, para con ello atraer alumnos y colaboradores que potencien las tecnologías y los avances en nuestros proyectos.

En el futuro queremos fungir como una plataforma para la formación de recursos humanos

preparados para enfrentar y proponer soluciones a los retos del área de investigación en ciencias visuales a través de un equipo multidisciplinario, con colaboraciones con otros grupos. Como un equipo sólido capaz de desarrollar tecnologías que ayuden al desarrollo de terapias, tratamientos y métodos de diagnóstico oportunos y eficientes claves en la prevención y cura de enfermedades oftalmológicas prevalentes en nuestra población.



Escuela de Negocios

Transformamos la investigación en negocios para aportar conocimiento que nos permita ser agente de cambio en la sociedad ante los desafíos del futuro.

Business Analytics

Líder: Raúl Francisco Montalvo Corzo

Panorama actual

El área de Business Analytics o analítica de negocios es un área que ha venido desarrollándose de manera muy dinámica. Si bien el análisis dentro de los negocios no es un tema nuevo, sí lo son nuevas técnicas de creación de información, así como de procesamiento y administración en la toma de decisiones. Hemos pasado de los análisis descriptivos de datos donde explicábamos el pasado y presente de lo que sucedía en un negocio, a poder diagnosticar por qué está pasando con análisis de diagnóstico y qué es probable que pase con análisis predictivo hasta qué se requiere hacer con análisis prescriptivo. Lo que sin duda plantea nuevos paradigmas, retos y oportunidades para los negocios en términos de generación de valor no sólo para el negocio en sí sino también para sus clientes, proveedores, en sí para todo el mercado.

En la actualidad hay muchas interpretaciones no sólo de definición sino de interpretación que van desde el papel que en ello juega la transformación digital por poner un ejemplo, lo cierto es que hay y debe haber

una interacción y sinergia en temas tan diversos y complejos como la definición e implementación de una cultura dentro del negocio, pasando por una comprensión de las capacidades tecnológicas con que se cuenta y que tanto las mismas han permeado en los procesos que se tienen, y ya con todo ello el poder plantear e implementar estrategias que respondan a la inclusión, de una cultura digital y uso de procesos con tecnología capaces de incidir y potenciar decisivamente el negocio.

El tema digital tiene un impacto en la mayoría por no decir que en todas las aristas de un negocio hoy en día en mayor o en menor medida, pero todavía quedan muchas tareas pendientes. De acuerdo con estudios quienes empujan más estos temas son los CMOs y CIOs más allá de los CIO y CTOs como una clara respuesta a necesidades particulares de procesos más allá que a estrategias integrales de negocios.

Los grandes volúmenes de datos que se generan en la actualidad han alcanzado no sólo cifras récord, sino también un crecimiento exponencial, donde de acuerdo con un estudio de la consultora Domo tan sólo al



inicio de 2019 había alrededor de 4 mil 300 millones de personas conectadas a Internet consumiendo por minuto, por ejemplo, 97 mil 222 horas de video en Netflix, reproduciendo 750 mil canciones en Spotify, enviando 473 mil 400 tuits, entre otros.

Todo ello genera no sólo información en términos de comportamientos, gustos y preferencias, sino también intercambios de comunicación que a su vez generan nuevos flujos y usos de información. Es por ello que hoy en día compañías líderes en todos los ramos: retail, consumo, bancario, entretenimiento, entre otros, hacen gran uso de la analítica de datos como un importante insumo que les permite enfocar de mejor manera su toma de decisión de acuerdo a no sólo la evolución sino la dirección del mercado.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

Dentro del GIEE de Business Analytics se ha buscado conectar las diferentes áreas que lo conforman como: Big Data, Analítica descriptiva, Analítica predictiva, y Analítica prescriptiva, entre otras, para desarrollar modelos y estudios que permitan entender y proponer soluciones a fenómenos presentes dentro del mundo de los negocios.

Dentro del GIEE, se ha buscado combinar desde el punto de vista de los negocios el desarrollo de modelos, propuestas científicas, entre otras que atiendan necesidades particulares de toma de decisión a través del desarrollo y publicación de artículos científicos en journals, artículos de divulgación, así como participación en congresos y conferencias tanto nacionales como internacionales.

Fortalezas del GIEE

El GIEE de Business Analytics está en fase de consolidación, componiéndose por un equipo interdisciplinario de colegas en áreas de enfoque como: Economía, Comportamiento del Consumidor y aplicaciones de Mercadotecnia, Operaciones, Finanzas, entre otras, donde utilizando herramientas analíticas se han venido trabajando temas que por su naturaleza se complementan y potencian en su análisis con el uso de los datos.

Las fortalezas del GIEE radican en que al utilizar analítica de datos se puede tener un mejor contexto de explicación de fenómenos y procesos, no sólo desde el contexto descriptivo sino también al poder contextualizarlos en su fase proyectiva y mejor aún prescriptiva. Asimismo, utilizando algoritmos, técnicas de visualización, análisis de datos y simulaciones, se pueden analizar y proponer problemas más complejos.

Proyectos que trascienden

Entre los proyectos que se han venido desarrollando se pueden contar entre los ya publicados y en proceso: "Simulation-based heuristic to promote business profit while increasing perceived quality in service industries, a spherical geometry heuristic for the Traveling Salesperson Problem enabling GPU-based implementations for practical analytics of large instances", "The business advantage of identifying and solving pseudo-continuous-integer periodical linear problems, Influence of Coating Chemical Composition and Thickness Layer on Wear Behaviour for Cutting Tools (a Business Analytics Approach)", "Tooling capacity analytics for the vulcanizing planning decision problem to improve strategic business profit", "Management Control Systems in startups: an Organisational Learning perspective", "Análisis de la influencia de la actividad real de la economía sobre la volatilidad de la rentabilidad accionaria: un caso en el sector de edificación en México, La influencia de la percepción de la Economía en la confianza del consumidor: análisis en México, Estados Unidos y Canadá, análisis de materialismo y su influencia en deuda de consumo contra deuda de inversión", entre otros.

Retos de cara al futuro

Entre los retos más destacables del GIEE en particular se encuentra seguir fortaleciendo las líneas de investigación y sus aplicaciones, en temas relevantes que apoyen la toma de decisión y la generación de valor dentro de las empresas.

La analítica de negocios sin duda ha venido evolucionando de manera muy dinámica y creciente, lo que ha dado origen a grandes oportunidades, pero también grandes retos entre los que podemos mencionar:

- La generación y administración de información de calidad y utilidad más allá del gran volumen que se genera.
- El poder utilizar dicha información de manera que pueda fomentar un mejor manejo en la integridad, privacidad y veracidad de la misma.
- La utilización del análisis de datos en temas de relevancia y utilidad en la toma de decisiones, que apoyen temas como optimización de recursos, eficiencias de procesos, entre otros.
- Ir creando una cultura incluyente del manejo de información que permita no sólo empoderamiento sino agilidad en la toma de decisión dentro de las empresas.

Al final del día se debe entender que ahora más allá de buscar agrupar segmentos que comparten algunas características en esquemas más de índole genérica, se pueden analizar contextos en tiempo real y que obedecen a estímulos en particular lo que permite fortalecer el estudio de temas como el análisis de riesgos, comportamientos de consumo de manera más precisa empataándola incluso con situaciones de estilo de vida. Hoy en día se pueden generar y simular conductas, decisiones que permiten contar con un macro laboratorio de toma de decisión con su consecutivo apoyo a que las decisiones de las empresas y de los tomadores de decisión se puedan orientar de manera más estratégica a generar, apoyar y potenciar una mayor inteligencia de negocios.

Hacia el futuro se seguirán generando por un lado mas técnicas y tecnologías que apoyen el análisis de grandes volúmenes y diferentes tipos de datos, con la intención de continuar en una carrera donde la generación de datos lleva una velocidad exponencial que excede de importante manera los 2.5 billones de bytes por día. Esto sin duda representa un reto en la administración y uso de la información, pero también en los cambios culturales, esquemas de capacitación y ajustes dentro de las organizaciones.

En cada hogar existen en promedio alrededor de seis dispositivos conectados y se espera que para 2025 en algunos casos se llegue hasta la cantidad de 50 incluso no sólo dentro del hogar sino fuera del mismo. Cada vez más dispositivos tienen la capacidad no sólo de generar información sino de transmitirla e incluso intercambiarla entre ellos, lo que sin duda detonará un crecimiento más exponencial de generación de datos, pero un enorme reto también del uso que se hará de los mismos, así como de la generación de contenidos y plataformas que permitan a los usuarios dependiendo de la naturaleza de los datos y dispositivos interactuar, todo ello con sus correspondientes efectos en la sociedad y la forma de hacer negocios. El GIEE tiene por delante muchos retos, pero sin duda más oportunidades de seguir fortaleciéndose en un mundo cada vez más hiperconectado y orientado a generar, pero también más dispuesto a utilizar la información en su toma de decisión.



Consumer Behavior and Conscious Marketing

Líder: Jorge Luis Graciano Vera Martínez

Panorama actual

El estudio del comportamiento del consumidor es un paradigma central en la construcción de la disciplina de la mercadotecnia. Desde la fundación del marketing, el comportamiento del consumidor se ha considerado un tema primordial. Así, la mercadotecnia basa su sentido de ser en la comprensión de las necesidades de los clientes y en su interacción con la oferta de las empresas. A diferencia de otras disciplinas de las ciencias administrativas, la mercadotecnia tiene un enfoque hacia el exterior de la organización en el cual la orientación hacia los clientes es un principio fundamental. De tal forma que el estudio del comportamiento del consumidor se convierte en el propósito de la mercadotecnia. Por lo tanto, mercadotecnia y comportamiento del consumidor se vuelven dos caras de la misma moneda.

La comprensión de las necesidades de los clientes es uno de los pilares para construir una empresa rentable debido al comportamiento dinámico de los consumidores. Para entender los nuevos productos, las nuevas ideas y el pensamiento de la sociedad se re-

quiere un análisis profundo de los segmentos de mercado así como también de las nuevas demandas de los consumidores. Ante el deterioro progresivo e inminente de los recursos naturales, producto de un consumo excesivo, el estudio del comportamiento del consumidor se vuelve importante como un mecanismo que nos puede proporcionar el conocimiento necesario para identificar formas viables de promover un consumo sostenible a largo plazo.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

El Grupo de Investigación de Enfoque Estratégico, GIEE, hoy conocido como "Consumer Behavior and Conscious Marketing", nace de la fusión de tres cátedras de investigación del Tec de Monterrey. Por un lado, la cátedra Mercadotecnia y Desarrollo Sostenible que se desarrollaba en Campus Toluca y que estaba coordinada por Lorena Carrete con la participación de Pilar Arroyo y Sara Isabel García López. Por otro lado, la cátedra de investigación Glocalización: Entendiendo al Consumidor Latino formando una impor-



tante tradición en Campus Monterrey y que estaba bajo la dirección de Raquel Castaño con la participación relevante de Claudia Quintanilla, y por último, la cátedra Consumidor, Marca y Competitividad en Ciudad México con la coordinación de Jorge Vera y las participaciones destacadas de Andrea Trujillo, Rajagopal y Edgar Centeno.

Aunque en un principio este GIEE se denominó "Comportamiento del Consumidor y Creación de Valor", en un esfuerzo por darle un enfoque más preciso y trascendente, las líneas de investigación se fusionaron y re-orientaron hasta llegar al nombre que ahora ostenta. Así, actualmente, los esfuerzos de investigación en este grupo se inspiran en el siguiente pensamiento: "El comportamiento consciente del consumidor y las estrategias de marketing conscientes no solo producirán más valor social y ecológico, sino también un mayor desempeño financiero a largo plazo para las organizaciones".

Con esta filosofía, el grupo se enfoca en generar conocimiento en tres líneas de investigación de alta relevancia para la problemática y tendencias de consumo actuales: branding y percepciones del consumidor; marketing digital y difusión de innovaciones; decisiones de consumo responsable y bienestar social. Además de estas tres áreas temáticas, se han iniciado esfuerzos para integrar a la gama de actividades del grupo el uso de instrumentos de neuro-marketing.

Fortalezas del GIEE

Una de las fortalezas de este GIEE es estar integrado por un equipo multidisciplinario como lo es en sí la disciplina de mercadotecnia que se ha desarrollado a partir de diferentes perspectivas como la psicológica, sociológica, antropológica y económica, entre otras, utilizando, además, diferentes metodologías de investigación como por ejemplo: cuantitativas, experimentales y etnográficas.

Otra fortaleza de este GIEE es su aporte para la formación de recursos humanos de alto nivel para el país. Con la asesoría de los investigadores de este grupo se ha dirigido un importante número de tesis de alumnos del Doctorado en Ciencias Administrativas de la EGADE Business School. Este grupo podría ser el GIEE que ha graduado a más alumnos de este programa. Muchos de estos egresa-

dos se han incorporado de forma muy exitosa como académicos, no únicamente al Tec de Monterrey, sino a otras universidades como la Universidad de Monterrey en la Ciudad de Monterrey, la Universidad Anáhuac y la Universidad Panamericana en la Ciudad de México, así como también en Southern New Hampshire University y la University of Maryland University College.

El grupo ha logrado consolidar posiciones en el Sistema Nacional de Investigadores SNI, prácticamente todos los integrantes son miembros del sistema, donde algunos se ostentan en la categoría de investigadores consolidados. Hemos conseguido publicar artículos en revistas de investigación de alto impacto y prestigio internacional, esto hace patente la alta calidad de la investigación sobre comportamiento del consumidor que se está llevando a cabo con esta iniciativa. Otra actividad académica de impacto es la presentación de trabajos científicos en congresos internacionales de primer nivel en esta área, como son: Association for Consumer Research Conference, Academy of Marketing Science World Marketing Congress y European Marketing Academy Conference.

Una estrategia clave para la continua producción científica de alto nivel del grupo ha sido tejer una red de colaboradores y coautores internacionales conformada por investigadores de reconocido prestigio internacional como son: Martin Reimann, de University of Arizona; Elsebeth Holmen y Luitzen de Boer, ambos de Norwegian University of Science and Technology; Jeffrey Blodgett, de University of Houston-Victoria; Anna Mattila, de Pennsylvania State University; Jesus Cambra-Fierro y Ana Olavarría-Jaraba, ambos de University Pablo de Olavide y Reto Felix, de University of Texas Rio Grande Valley, entre otros.

Proyectos que trascienden

Mercadotecnia social para la salud. México enfrenta varios problemas de salud pública, entre los más importantes están el sobrepeso y la obesidad, situaciones que aumentan el riesgo de padecer enfermedades crónicas como hipertensión, diabetes, enfermedades cardiovasculares y cáncer. El marketing social tiene mucho que aportar para apoyar a la solución de estos problemas a través de la aplicación de los principios de marketing

como son el escaneo del entorno, la segmentación y la mezcla táctica, para lograr que los individuos se adhieran a las propuestas de cambio de conductas de manera voluntaria. A partir de la comprensión de los elementos que determinan las conductas “poco sanas” de los individuos, se pueden diseñar estrategias de mercadotecnia social que remarquen los beneficios de modificar las conductas para lograr bienestar social y se reduzca la percepción del costo del cambio conductual. Teniendo esto como meta final, se ha venido desarrollando investigación desde hace varios años sobre cómo diseñar estrategias de intervención de mercadotecnia social en distintos ambientes para promover estilos de vida saludables.

Coloquio Doctoral en Mercadotecnia. Este proyecto, iniciado por Claudia Quintanilla y Raquel Castaño, surge con el fin de compartir, discutir y difundir la investigación que los alumnos del programa de Doctorado en Ciencias Administrativas en el área de Mercadotecnia están realizando. Su primera versión se realizó en diciembre del 2010. A lo largo de ocho años han participado cerca de 50 alumnos con trabajos de investigación. El coloquio permite a alumnos y profesores intercambiar ideas en temas de actualidad, además de discutir sobre las ventajas que diversas metodologías aportan en la generación de conocimiento sobre el comportamiento del consumidor.

Avances sobre estudios de la marca y la creación de valor. El profesor Rajagopal ha hecho contribuciones sustanciales a la gestión de la marca, especialmente en la arquitectura, en el ciclo de vida y en el desempeño de la marca. Su contribución a las métricas como herramientas para medir el rendimiento de la marca (2009) ganó el premio “Highly Commended” de Emerald Literati Network en 2009. Rajagopal ha propuesto el concepto de Brand Gravity (2009) como un nuevo paradigma que guía al gerente a posicionar una marca con ventaja competitiva. Rajagopal ha argumentado que las marcas pueden convertirse en mejores guías para las compras de los consumidores si se posicionan adecuadamente para impulsar la atracción de los consumidores.

La investigación sobre las marcas globales ha existido desde hace varias décadas consolidándose con extensas líneas de investi-

gación. Sin embargo, a partir del 2000, la línea de enfoque hacia las PyMEs ha surgido con gran interés puesto que se espera que en este siglo XXI éstas se reconozcan como el motor principal de la economía. Es por ello que entender el crecimiento, la estrategia y la diferenciación de una marca PyME ha sido importante para el crecimiento y fortalecimiento de este tipo de empresas. Edgar Centeno, en conjunto con otros investigadores internacionales, ha sido coautor y pionero en una serie de artículos que desarrollan esta línea de investigación. Ha publicado sus trabajos en revistas arbitradas internacionales como el Journal of Product and Brand Management y el Journal of Brand Management. En este nuevo contexto se espera que el estudio de las marcas continúe creciendo con múltiples avenidas.

En 2013, Jorge Vera y Andrea Trujillo, publicaron en el Journal of Retailing and Consumer Services un artículo titulado “Service quality dimensions and superior customer perceived value in retail banks”, en el que se establece que en sectores de servicio con poca diferenciación entre marcas competidoras, los clientes no generan sus preferencias de marca con base en el desempeño percibido del servicio por parte de la empresa, ni tampoco en la satisfacción que sienten. Aparentemente, en sectores con servicios no diferenciados entre competidores los consumidores tienden a percibir poco valor por lo que sus preferencias se establecen con elementos externos a las marcas. Esto confirma la importancia de la creación de valor diferenciado para los consumidores por parte de las empresas.

Retos de cara al futuro

La crítica que enfrenta el marketing comercial en el sentido de fomentar el materialismo y el consumismo, es quizá el reto más destacado. Esta percepción de la mercadotecnia no va en línea con el desarrollo sostenible que requieren los países ante los problemas agudos por los que atraviesa la humanidad y que están manifiestos en los objetivos de desarrollo sostenible planteados por la ONU.

El reconocimiento de esto y la transformación del marketing comercial tradicional para hacerlo sostenible, es lo que ha llevado a nuestro grupo a interesarse en mostrar a las empresas cómo el consumidor se va

volviendo cada vez más consciente y demanda prácticas empresariales que integren objetivos económicos, sociales y ambientales. El diseño de estrategias de mercadotecnia con sensibilidad social, que modifiquen conductas arraigadas no sostenibles, así como malas prácticas de protección de la salud, requiere del diseño de productos verdes y saludables que satisfagan las nuevas tendencias del mercado. Aquí, un desafío adicional lo constituye el cómo informar al consumidor sobre la autenticidad de productos ecológicos y el cómo hacer que las empresas incorporen los objetivos sociales y ecológicos en sus estrategias de mercadotecnia. En este proceso, ayudaría mucho que existieran iniciativas gubernamentales y de la sociedad, para llevar a cabo más investi-

gación sobre consumo responsable y ejercer más presión sobre las empresas para apoyar iniciativas sostenibles.

Uno de los desafíos más importantes que tienen los investigadores del comportamiento del consumidor y de la mercadotecnia, radica por tanto en lograr que la investigación académica tenga un impacto en las prácticas empresariales y en los programas gubernamentales para que resulte una investigación transformadora que contribuya a la reconceptualización del rol de esta disciplina. En este punto, el uso de la tecnología para el diseño y difusión de estrategias conscientes del marketing se identifica como crítico y por ello se integra a las líneas de investigación en comportamiento del consumidor.



Emprendimiento e Innovación

Líder: José Ernesto Amorós

Panorama actual

Es importante recordar que el emprendimiento, como campo académico de estudio, es bastante reciente. El primer curso sobre emprendimiento aparentemente fue ofrecido en Harvard Business School en 1947 por Myles Mace, mientras que Peter Drucker comenzó un curso sobre emprendimiento e innovación en la Universidad de Nueva York en 1953. Más tarde, en la década de los 70's se organizaban las primeras conferencias académicas sobre emprendimiento y en 1981 se llevó a cabo por primera vez la Conferencia de Investigación de Babson College, BCERC que hoy en día es la conferencia sobre emprendimiento más reconocida a nivel internacional.

En lo que se refiere a los espacios para la publicación de artículos académicos arbitrados también es relativamente reciente. El Journal of Small Business Management se inició en 1963 bajo los auspicios del National Council for Small Business y se convirtió en

la publicación oficial de la organización sucesora, ICSB, en 1977. El American Journal of Small Business se inició alrededor de 1975; bajo el liderazgo de Ray Bagby, su nombre fue cambiado a Entrepreneurship Theory and Practice en 1988. El Journal of Business Venturing fue iniciado en 1985 por Ian MacMillan, con el patrocinio de la Universidad de Nueva York y la Wharton School. La revista Small Business Economics se inició en 1989 por Zoltan Acs y David Audretsch. Otras revistas especializadas más recientes son Small Business Strategy (iniciada en 1990), Family Business Review (fundada en 1988) y Entrepreneurship and Regional Development (iniciada en 1989).

Si bien se ha avanzado en una variedad de temas en el estudio del emprendimiento (desde el emprendimiento familiar, social, y corporativo y su relación con la geografía, innovación y psicología) sigue sin existir pleno consenso entre lo que es y no es emprendimiento. Sin embargo, desde el punto de vista académico, la relevancia del estudio, la enseñanza y práctica del emprendimiento



es un tema fundamental y estratégico para muchas instituciones de educación superior, en especial para el Tec de Monterrey que fue pionero en América Latina en introducir en los procesos de enseñanza-aprendizaje el sello Emprendedor. Hoy la Formación para el Liderazgo del Desarrollo Emprendedor es un pilar estratégico del quehacer de esta institución.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

Al final de la década de los setenta, el Tec consideró deseable que sus egresados tuvieran una actitud emprendedora y no tuvieran como meta únicamente ocupar puestos en empresas ya establecidas. Para ello era necesario dar a los alumnos una formación especial que no solamente les presentara el camino del emprendimiento, sino que les diera las herramientas necesarias para transitar en ese camino. Así fue como en 1978 comenzó el Programa Empresario, a través de un pequeño grupo de profesores y empresarios que guiaron a un grupo de alumnos en el proceso de creación de una empresa. Este programa se transformó posteriormente en el Programa Emprendedor. Gracias a este programa, se han detonado diversos proyectos de apoyo que continúan promoviendo el espíritu emprendedor de la Comunidad del Tec de Monterrey generando uno de los ecosistemas de emprendimiento universitario más dinámicos y completos de América Latina e incluso del mundo.

Desde sus inicios el emprendimiento se ha convertido en parte del ADN de la Institución, fundado por emprendedores y un semillero de jóvenes emprendedores que al graduarse se convertían en empresarios exitosos (41% de los egresados han iniciado por lo menos una empresa) que han generado 2.8 millones de empleos e innovando en una gran cantidad de áreas según el Estudio Impacto Económico de los egresados del Tec de Monterrey en el Mundo.

Fortalezas del GIEE

Desde la creación del GIEE Emprendimiento e Innovación, el grupo trabaja con el propósito de focalizar, potenciar y difundir la investigación en el ámbito del emprendimiento y la innovación como herramientas fundamen-

tales para fortalecer el desarrollo económico y social de México, y de convertir a la Institución en un referente, no sólo desde el punto de vista pedagógico, sino en la generación de conocimiento de vanguardia en emprendimiento.

Entre otras iniciativas encaminadas a lograrlo destacan, la creación del Instituto de Emprendimiento Eugenio Garza Lagüera, IEEGL, que coordina diferentes estrategias de emprendimiento y que tiene como misión "Desarrollar y fortalecer el espíritu emprendedor en todos los estudiantes y profesores del Tec de Monterrey. Impulsar y apoyar la creación y desarrollo de empresas. Acelerar el ecosistema de emprendimiento innovador"; el festival de emprendimiento INCmty, y los simposios de investigación en emprendimiento desarrollados desde el año 2014 precisamente al alero de las actividades de INCmty. Estos simposios evolucionaron en el Encuentro Internacional de Investigación en Emprendimiento EIIIE, iniciado en 2018. Precisamente en el marco del EIIIE se dio lugar a la graduación de 21 doctores en emprendimiento que fueron formados en un programa conjunto con la Universidad de Cantabria, a los que se sumaron tres de la Universidad de Deusto, tres de la Universidad Autónoma de Barcelona y tres, de la Universidad Antonio de Nebrija tres también. En total 30 profesores y directivos que realizaron su tesis de investigación relacionada con emprendimiento.

La rápida incorporación de estos nuevos doctores que venían de un proceso de formación liderado por la parte académica del IEEGL y los profesores interesados de diversas escuelas, han logrado conformar un grupo muy importante de profesores investigadores con el soporte también de las actividades que lleva acabo el IEEGL. Así en marzo de 2019 se logró hacer una reunión en Campus Guadalajara que convocó a cerca de 30 profesores para delinear la estrategia de investigación en emprendimiento e innovación para los años venideros. De este ejercicio se determinaron los ejes estratégicos de las líneas de investigación del grupo conformadas por:

- **Ecosistemas de emprendimiento:** Medición de dinámica de emprendimiento, Estudio de las Condiciones Básicas y Estudio de las Condiciones Sistémicas.
- **Emprendimiento social:** Innovación Social

en Startups, Emprendimiento Consciente, Desarrollo social.

- **Educación para el emprendimiento:** Diseño curricular y co-curricular, Desarrollo de ecosistemas de emprendimiento, Pedagogía del emprendimiento.

- **Intra-emprendimiento:** Innovación abierta, Corporate venture, Corporate venture capital.

Estas líneas de investigación reflejan la fortaleza de nuestros profesores, pero también las áreas en las cuales se tiene la mayor experiencia y se quiere hacer una mayor contribución al conocimiento del emprendimiento. Aun así, éstos se encuentran en constante revisión dado el dinamismo de la propia disciplina.

Proyectos que trascienden

En nuestra historia de investigación en emprendimiento destaca un proyecto pionero y extraordinario por su alcance:

GEM, un nuevo modelo para entender el emprendimiento a nivel global. A finales del siglo pasado, en 1997, poco antes del surgimiento de Google y 10 años antes del primer smartphone, un grupo de profesores de London Business School y Babson College, con el apoyo de Kauffman Center for Entrepreneurial Leadership, desarrollaban un nuevo modelo de investigación en emprendimiento cuyo objetivo era “reunir a los mejores académicos del mundo en el área para estudiar la compleja relación entre emprendimiento y crecimiento económico”.

El Global Entrepreneurship Monitor GEM, diseñado para ser una iniciativa global a largo plazo, se convirtió en la primera iniciativa colegiada de investigación en emprendimiento en el mundo. Con una concepción única que basa su enfoque en el entendimiento del emprendimiento como un proceso en el cual el emprendedor está al centro como unidad de análisis. El GEM adopta una aproximación comprensible y considera el grado en que los individuos se involucran en actividades emprendedoras dentro de un país, identificando diferentes tipos y fases del emprendimiento.

Con un modelo conceptual innovador, una metodología estandarizada y estrictos controles de calidad supervisados desde una coordinación global, el GEM lanzó su primer

reporte en 1999 con la participación de 10 países. El modelo de incorporación de países, por invitación, requería del liderazgo de la que se reconocía como la mejor escuela de Negocios del país. De esta forma, a partir de su tercera edición en 2001, el Tec de Monterrey, a través de la EGADE, se convirtió en el líder del GEM en México. Actualmente con el liderazgo del Instituto de Emprendimiento Eugenio Garza Lagüera IEEGL como responsable de la implementación nacional y subnacional del GEM.

A la fecha México es uno de los equipos nacionales más activos en GEM, siendo incluso Sponsor Global en el periodo 2015–2017 y sede de la Reunión Anual en 2015 con la participación de más de 60 países. El modelo ha evolucionado a través del tiempo, para el 2019 la iniciativa GEM se había consolidado como la más importante del mundo, con la participación de más de 100 países, e información de más de 2 millones de encuestas. Gracias al GEM se ha conformado una red de más de 500 investigadores con un número creciente de artículos de investigación publicados en más de 350 revistas académicas, convirtiéndose así en un exitoso proyecto de emprendimiento científico.

En México se han realizado más de mil entrevistas a expertos, y levantado más de 30 mil encuestas en todo el país, sin embargo, uno de los mayores impactos es la incorporación de estudios regionales que son coordinados por equipos de investigadores en los diferentes Campus participantes. Las iniciativas regionales iniciadas en 2001 con Campus León, han permitido profundizar en el análisis de los ecosistemas emprendedores y en el diseño de propuestas de política pública para fortalecer el emprendimiento en más de 10 regiones y tres zonas metropolitanas a nivel nacional, así como en el involucramiento de gobiernos e iniciativa privada a nivel local.

El proyecto Global University Entrepreneurial Spirit Student's Survey, GUESSE. Inició en 2003 como una iniciativa del Instituto de Investigación de la Pequeña Empresa y Emprendimiento de la Universidad de Saint Gallen KMU-HSG, en Suiza. A partir del año 2016, se hicieron cargo del proyecto la Universidad de Saint Gallen en conjunto con la Universidad de Bern, en Suiza y fue auspiciado por la consultora Ernest & Young.

Actualmente, el GUESSS es uno de los estudios más grandes sobre emprendimiento universitario en el mundo. Su objetivo es analizar la intención emprendedora y la actividad de los estudiantes a través de una encuesta online que se realiza cada dos años. El GUESSS se ha ido consolidando y se implementa cada vez en más países. En el año 2020 será el noveno ciclo con cada vez mayor participación tanto de instituciones como de estudiantes. EGADE Business School retomó el liderazgo de este proyecto en México en el año 2016, y actualmente es un proyecto institucional no solo en el Tec de Monterrey, sino también de diversas universidades públicas y privadas del país.

En cada ciclo de recolección de datos, el equipo del proyecto desarrolla una encuesta con los más altos estándares académicos. A su vez, cada universidad socia hace dicha encuesta con sus estudiantes y así se levanta la información. Posteriormente, los datos son enviados a la universidad responsable en cada país para la elaboración del informe nacional, y ésta, a su vez, reenvía la base de datos a las universidades socias para que puedan analizarlos. La información recogida permite comprender en profundidad las actitudes, intenciones, actividades y aspiraciones emprendedoras de los estudiantes, así como evaluar la efectividad y calidad de los programas que las universidades ofrecen en el contexto del emprendimiento.

Retos de cara al futuro

Muchas de las revistas académicas de prestigio sobre emprendimiento, incluso aquellas 100% orientadas a la práctica, así como la mayoría de las conferencias de emprendimiento son de los años ochenta. Como se ha dicho, el emprendimiento es un campo joven dentro del management, incluso de las Ciencias Sociales, y también relativamente pequeño, particularmente en el número

de profesores-investigadores dedicados de tiempo completo. Aunque ha habido un gran crecimiento en el total de cursos impartidos a nivel mundial, y el propio Tec de Monterrey es una excepción por la gran capacidad de articular actividades de enseñanza en torno al emprendimiento, el número de personas que dedican todas sus energías a la investigación en el área sigue siendo limitado. Muchos de los cursos son impartidos por profesores de tiempo parcial que sin duda son buenos, pero que por sus otros compromisos no están involucrados en el desarrollo del capital intelectual del campo. Además, muchos profesores de emprendimiento tienen una inclinación aplicada y son buenos para relacionarse con practitioners, pero son menos propensos a la investigación.

A diferencia de otras disciplinas, el emprendimiento no tiene un paradigma central de investigación, por lo que ha sido criticado por problemas de validez y confiabilidad, ya que los métodos analíticos a menudo son dispersos. Sin embargo, todo esto más que una debilidad, abre una gran oportunidad para seguir fortaleciendo la disciplina, sobre todo para nuestra Institución, donde el emprendimiento es un pilar estratégico y fundamental en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Como Institución hemos sido pioneros en el área, hemos ganado reconocimiento internacional y se ha generado conocimiento de vanguardia, por tal sabemos que tenemos aún mucho más que aportar al campo del emprendimiento desde la práctica y también desde la teoría. El equipo de profesores investigadores, estudiantes y colaboradores que participan en las diferentes iniciativas a través de los GIEE, GEM, GUESSS, IEEGL, INCmty, EIEE, entre otros, cuentan con experiencia y motivación generada por un ecosistema que potencia el espíritu emprendedor dentro de la institución desde su fundación.



Estrategia y Administración de Organizaciones en Economías Emergentes

Líder: Anabella Dávila

Panorama actual

A nivel internacional se está incrementando de forma acelerada el estudio de las empresas de países de economías emergentes. Sabemos que las multinacionales de China, India y América Latina sorprendieron al mundo con su internacionalización acelerada. Los temas a nivel macro se debaten sobre la libertad de comercio, la globalización y sus beneficios; así como el rol de las empresas de propiedad estatal, llamadas State Owned Enterprises, SOEs, en el mundo.

Las empresas internacionales se enfrentan ante el reto del lenguaje como un concepto teórico olvidado en la investigación, ya que la mayoría de las empresas e investigaciones asumen que todas las empresas globales hablan inglés. Aunque ahora sabemos que el inglés es la lengua franca de los negocios, esto no significa que sea igual para to-

dos. Recientemente ha habido un creciente cuerpo de literatura sobre diversidad lingüística en empresas multinacionales. Sin embargo, la mayoría de las investigaciones se han realizado en empresas estadounidenses (y europeas occidentales). El resto del mundo, incluido México, sigue siendo un territorio desconocido.

Los estudios a nivel nacional que presentan las empresas de países de economías emergentes investigan lo relevante de los factores organizacionales que promueven tanto la generación como la transferencia de conocimiento para incrementar la innovación y la competitividad en México. En esta línea, en México, la investigación de las prácticas de recursos humanos se centra en su impacto en la conducta organizacional, más que en la competitividad de la empresa, como ocurre en otras partes del mundo.



Área de estudio en el Tec de Monterrey

Hay un creciente interés por acentuar el estudio de las empresas internacionales de América Latina con las llamadas Multilatinas y Multimexicanas. A esta línea de investigación se suman los estudios sobre integración de negocios con Asia y China con la iniciativa de la Ruta de la Seda en América Latina. A nivel organizacional existen proyectos sobre diversidad lingüística y la dinámica del equipo. Estos temas se encuentran como líneas de investigación en los programas de maestría y doctorado.

Fortalezas del GIEE

El GIEE está conformado por un grupo de profesores investigadores, entre los que se encuentran Mauricio Cervantes, Andreas Hartmann, Olivia Hernández, Christiane Molina, Miguel A. Montoya, Michal Szymanski, Francisco Valderrey y Laura Zapata, que cuentan con amplias redes de investigación y de vinculación empresarial. El enfoque de nuestro GIEE es la estrategia y administración de empresas en economías emergentes y esto lo hace tener una posición única para abordar preguntas de investigación pertinentes para la academia y empresa.

Proyectos que trascienden

El libro *Mexican Multinationals: Building Multinationals in Emerging Markets* coordinado por el Dr. Miguel A. Montoya es el primer proyecto de esta naturaleza en el mundo. El libro aporta el modelo de internacionalización de las empresas mexicanas multinacionales.

El proyecto Desafíos Relacionados con el Idioma en el Trabajo, dirigido por el Dr. Michal Szymanski es un proyecto a nivel internacional enfocado a apoyar a los estudiantes de los programas de Maestrías en Administración de Empresas del mundo.

Retos de cara al futuro

En términos estructurales, la empresa mexicana se nutre poco de la investigación de la gestión internacional y se requiere de una alianza entre empresa y academia para enriquecer los modelos de administración.

Existen modelos para el análisis de los cambios del entorno que se pueden utilizar para mejorar la competitividad e innovación en las empresas. Por ejemplo, los avances tecnológicos, principalmente en los medios de comunicación, ha provocado un incremento en el uso de medios informales que facilita la toma de decisiones, acelera los procesos, e invita a una colaboración y socialización del conocimiento más cercana.

Otro desafío que enfrentamos es el acceso a las empresas. Buscamos como hacer alianzas con empresas para el beneficio mutuo de los proyectos de investigación.

El idioma ha sido un tema olvidado tanto para la práctica como por la investigación en estudios internacionales que al parecer ahora está ganando impulso, de manera que México y toda América Latina son excelentes lugares para estudiar el papel de la diversidad lingüística (también dentro de las comunidades y naciones de habla hispana) en el trabajo en equipo y en el desempeño de las empresas.

El entorno parece incierto y dinámico, ya que los cambios que suceden en él impactan fuertemente la forma en que operan las organizaciones. Observamos que nuestras empresas tienen todos los recursos para desarrollar competencias que las haga estar adelantadas a los cambios en el entorno, sin embargo, al parecer tienen un gran problema de implementación de los modelos más avanzados. Esto nos lleva a repensar en que la investigación puede incidir positivamente en su estrategia y administración.



Retail

Líder: Eva M. González

Panorama actual

El grupo de investigación de Retail recorre dos caminos paralelos que en un momento de su historia se unen para dar lugar a lo que hoy es el GIEE de Retail. Nos referimos al nacimiento del Centro de Comercio Detallista, y al del equipo de investigación.

El Centro de Comercio Detallista surge para dar respuesta a las necesidades del mundo profesional y universitario. Concretamente nace en 2005 con la misión de "Promover y apoyar el desarrollo del comercio detallista en México a través de la preparación de los mejores profesionistas especializados en el área, programas para ejecutivos y actividades de consultoría e investigación propiciando con ello la mejora de las prácticas de comercio detallista en el país". Para dar respuestas a estas necesidades, el primer esfuerzo se centró en formar un grupo de profesores (2006-2008) liderado por la Dra. María Elena Vázquez y con apoyo estratégico de la industria de Retail, para lograr conformar un equipo de expertos que pudieran participar en las acciones del Centro de Comercio Detallista.

Logrado este primer objetivo en 2009 se refuerza el Centro con las alianzas estratégicas con la ANTAD, se lanza el primer seminario de Administración Estratégica en colaboración con Babson College, y se abre a nivel de pregrado la concentración en comercio detallista, que a la fecha cuenta con 10 generaciones de especialistas en comercio al detalle en todo el país. Posteriormente, en 2013 se arrancan los diplomados en Decisiones Estratégicas de Retail y de Comercio detallista que se imparten a nivel ejecutivo y directivo para retailers de todo el país. Y en ese mismo año, 2013, se inaugura la TecStore Retailing Lab, en Campus Guadalajara, el primer laboratorio de su clase a nivel mundial. El Centro cuenta con un consejo empresarial en el que se encuentran representados grandes retailers del país como Coppel, Liverpool, Farmacias Guadalajara, Oxxo, entre otros, que apoyan al centro en su propósito.

Área de estudio en el Tec de Monterrey

Con su propio camino el equipo de investigación nació en 2008 como parte de la inicia-



tiva de Cátedras de investigación en Campus Guadalajara, con un pequeño grupo de investigadores liderados por la Dra. Eva M. González. Desde entonces hasta la fecha ha pasado por tres etapas de transformación hasta llegar a ser hoy uno de los grupos estratégicos de investigación de la Escuela de Negocios a nivel nacional.

En su primera etapa (2008-2012) se enunció su vocación por contribuir a la mejora de la competitividad de las empresas regionales y nacionales, por medio del desarrollo de proyectos de investigación aplicados y de mecanismos de transferencia del conocimiento. Con el nombre de “Cátedra de Investigación Implicaciones estratégicas del consumo y las marcas” el objetivo primordial fue apoyar la diferenciación de las marcas ante los altos niveles de competencia en la región. Desde su inicio arrancó como equipo multidisciplinar, ya que sus investigadores provienen de distintas áreas como Psicología, Ciencias, Comunicación, y por supuesto Mercadotecnia.

Uno de los primeros retos de este equipo fue la participación de dos de sus miembros en un Postdoctorado en Mercadotecnia en la Universidad de Tulane (US), con el objetivo de adquirir un lenguaje especializado y las estrategias para la investigación de calidad internacional en el área de la Mercadotecnia. Como resultado de este proyecto el equipo desarrolló un proyecto de investigación pionero en el país, que impulsó la colaboración de los centros comerciales de la región para la realización de un diagnóstico del sector. Ante el crecimiento de estos formatos comerciales el desarrollo de un diagnóstico ofreció información relevante al sector para el desarrollo de un posicionamiento diferenciador de los centros comerciales relevante para sus consumidores. Y, desde el punto de vista científico, permitió desarrollar una línea de investigación para el equipo desde la que se exploró el fenómeno del consumo en centros comerciales generando un modelo de atraktividad que explica la satisfacción y lealtad de los consumidores. Esta línea de investigación ha sido productiva hasta la fecha en congresos internacionales, publicaciones y tesis doctoral.

Como parte de esta etapa, en mayo de 2010 se inauguró el Laboratorio de Retailing en Campus Sinaloa, coordinado por la Dra.

Ana Franco. Este centro de aprendizaje e investigación cuenta con tecnología de punta: carritos inteligentes y smart fitting room equipados con con RFID, QR codes y website para compras online y offline, electronic shelf labels y cámara de Gesell integrada, que ha permitido al equipo desarrollar pruebas experimentales con la participación de alumnos de la concentración en retail, y con las que se trató de responder a inquietudes académicas y empresariales. Uno de los trabajos más exitosos del equipo de este laboratorio fue publicado en el Journal of Marketing Education, aportó una importante reflexión sobre la educación a través de laboratorios, con el título “Enhancing Experimental Learning in a Retailing Space Adapted Laboratory”.

En un segundo periodo (2012-2014) la cátedra de investigación se transformó y abordó una problemática importante en aquellos momentos ¿cuál era el papel de los países emergentes en el conocimiento científico de las áreas, entre ellas por supuesto la mercadotecnia? Entonces con el nombre “Mercadotecnia en Mercados Emergentes”, el equipo de investigadores se enfrentó al reto de adaptar los conocimientos generados y probados en economías más desarrolladas a la idiosincrasia de una economía emergente como la de México. Fue el proyecto más ambicioso, que aún siendo fiel a sus orígenes vinculados a las problemáticas de la industria y la empresa en la región, dio un salto hacia investigaciones más globales. Con la tutela del Dr. Jan-Benedict Steenkamp, uno de los investigadores de más prestigio internacional en el área especializado en marketing global, marcas, estrategia de marketing y mercados emergentes, el equipo inició su especialización en esta área, con varios proyectos de investigación, incluyendo una tesis doctoral, que hasta la fecha ha derivado en varias participaciones en congresos y publicaciones internacionales vinculados a la confrontación entre marcas locales, globales y globales en el mercado mexicano.

Fortalezas del GIEE

Esta es una época de despegue internacional del equipo de investigación, con proyectos de trabajo con investigadores de distintas universidades a nivel alrededor del mundo y la consolidación de una red de colaboradores internacionales. Uno de los mayores logros en este sentido fue la organización, con

la Dra. Lowrey como co-chair, del Congreso Latinoamericano para la Association of Consumer Research ACR, una de las asociaciones más prestigiosas en su área; y de la cual el Campus Guadalajara del Tec de Monterrey fue sede en julio de 2014. El objetivo principal fue abonar a la investigación académica sobre el comportamiento del consumidor desde y para la región, generando una oportunidad de colaboración entre investigadores, promoviendo la reflexión y la discusión sobre los más recientes avances de investigación. El evento contó con la participación de más de 100 investigadores que representaron a los 7 continentes, y con un comité internacional que agrupó a universidades a nivel internacional, con especial énfasis en países iberoamericanos.

Actualmente el equipo de investigación está incorporado al Centro de Comercio Detallista y su formalización es una de las más importantes en los últimos tiempos para el apoyo y el empuje de la investigación en la Institución. Gracias al empuje nacional a la investigación el equipo ha crecido con nuevos miembros a nivel nacional incorporando investigadores de diferentes Campus, hasta un total de 11 doctores, 8 de ellos miembros del Sistema Nacional de Investigación, SNI. La incorporación al Centro de Comercio detallista ha supuesto la especialización en este sector, explotando los aprendizajes previos y la visión como país emergente ya ganada en años anteriores. La participación como mentor académico del Dr. Dhruv Grewall, especialista internacional en el área de Retail, quien asumió desde el inicio el liderazgo del equipo orientando su investigación hacia las temáticas de mayor actualidad y metodologías más relevantes en el área. Los trabajos desarrollados en estos años han permitido la participación del equipo en congresos internacionales de Retail para presentar sus proyectos de investigación, y la publicación de estos trabajos en algunas de las más prestigiosas revistas de retail, mercadotecnia y negocios.

Proyectos que trascienden

En estos momentos la investigación del equipo aborda las problemáticas del comercio tradicional y del nuevo comercio que surgen con la revolución tecnológica y que han transformado la experiencia de compra. Se han abordado temas como el comporta-

miento de compra del consumidor omnicanal, la transformación de formatos comerciales, la experiencia de compra omnicanal, estrategias de precios y merchandising para la rentabilidad en el comercio al detalle, por citar algunos.

Retos de cara al futuro

El principal reto para el equipo, en términos de investigación, es afrontar los rápidos cambios propuestos por el nuevo comprador tanto en tienda, en línea, a través de plataformas móviles, o en interacción máquina-a-máquina. Y en relación con los avances tecnológicos que ya están transformando la experiencia de compra, como el Internet de las Cosas, la Realidad Virtual, la Inteligencia Artificial, Robots y Emoboots, Blockchain -DLT, Distributed Ledger Technology-, Geolocalización, Sensores Inteligentes, entre otros. Estos avances tecnológicos proponen y hacen de la analítica del negocio o Business Analytics una herramienta imprescindible para satisfacer al consumidor.

Pero los retos no provienen solo de la transformación tecnológica, hay desafíos importantes que emergen para la investigación en el área del comercio al detalle. Como, por ejemplo, el iniciado por las generaciones de consumidores millennials, con la incorporación del internet a la vida cotidiana, la búsqueda de experiencias de compra personalizadas y de calidad en las relaciones con las marcas, la inmediatez 'wherever & whenever'. Y también las incipientes demandas de los centennials, vinculados a la economía circular, el consumo compartido, la reducción del consumo y del gasto como manera de proteger al planeta, al C2C Cradle to Cradle, entre otros. Estos nuevos consumidores desafían a las marcas en términos estratégicos para lograr ser lo suficientemente fuertes y atractivas para atraer su interés.

En este entorno de cambio, siguen siendo relevantes las propuestas de los mercados emergentes, no sólo por el tamaño en términos globales de consumidores como China, India, Brasil o México, sino por las diferencias culturales y económicas que estos proponen a los retailers y que desafían la capacidad de innovación y creatividad de las marcas. Como son los retos a la logística, la baja bancarización y la magnitud de la base de la pirámide, entre otros.

Estos son los desafíos que la nueva década propone a este grupo de investigación, que con más fuerza e ilusión que nunca enfrenta una nueva etapa de crecimiento y transformación. Los aprendizajes adquiridos en el camino son la base de nuestro trabajo, la capacidad de adelantarse a las necesidades del entorno empresarial y dar respues-

ta desde una perspectiva científica, con la rigurosidad que esto supone, buscando el beneficio de todos los partícipes. Entre ellos, la academia, tanto profesores como alumnos, la industria, la sociedad, y por supuesto la comunidad científica internacional para aportar nuestra visión como país emergente al conocimiento.



EDITORES

Neil Hernández Gress
Sandra Yebel Durón Villaseñor
Ana Gabriela Faz Suárez

COORDINACIÓN EDITORIAL

Ana Gabriela Faz Suárez

CORRECCIÓN DE ESTILO

Claudia Lozano Pedraza
Ana Gabriela Faz Suárez

DISEÑO EDITORIAL

Herón Picasso Flores

**DIVULGACIÓN Y
COMUNICACIÓN
DE LA CIENCIA** 

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey
Ave. Eugenio Garza Sada 2501 Sur Col. Tecnológico C.P. 64849 | Monterrey, Nuevo León | México.

Historia y perspectivas de la investigación en el Tec de Monterrey
1ª edición
Febrero 2020

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio sin previo y expreso consentimiento por escrito del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey.

D.R.© Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México, 2020.

PORTADA IMPRESA EN:
Cartulina Sulfatada Nordic de 12 pts.



INTERIORES IMPRESOS EN:
Lynx de 118 gr.



