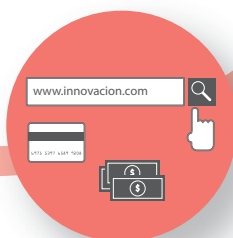


YO INNOVO,
ÉL INNOVA,
TODOS INNOVAMOS:
15 PROYECTOS APOYADOS
POR EL FIT



DANIEL VILLAVICENCIO
ANTONIO CHIAPA

MARCELA AMARO
ALBERTO MORALES

EDGAR BAÑUELOS
LEONARDO SOUZA

YO INNOVO, ÉL INNOVA, TODOS INNOVAMOS: 15 PROYECTOS APOYADOS POR EL FIT

Daniel Villavicencio • Marcela Amaro • Edgar Bañuelos

Antonio Chiapa • Alberto Morales • Leonardo Souza

Yo innovo, él innova, todos innovamos:

15 proyectos apoyados por el FIT

Daniel Villavicencio, Marcela Amaro, Edgar Bañuelos, Antonio Chiapa, Alberto Morales, Leonardo Souza

Secretario de Economía

Ildelfonso Guajardo Villareal

Director del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)

Enrique Cabrero Mendoza

Presidente del Instituto Nacional del Emprendedor (INADEM)

Enrique Jacob Rocha

Director Adjunto de Desarrollo Tecnológico e Innovación del CONACYT

Luis Gabriel Torreblanca Rivera

Directora General de Programas de Desarrollo Empresarial (INADEM)

María del Sol Rumayor Siller

Fondo de Innovación Tecnológica SE-CONACYT

Secretaria Administrativa

Norma Lucero Mondragón Flores

Secretaria Técnica

Teresa de León Zamora

Fondo de Innovación Tecnológica SE-CONACYT

Av. Insurgentes Sur Edificio Anexo Nivel Jardín 1971
Col. Guadalupe Inn
Delegación Álvaro Obregón
C.P. 01020
México, D.F.



El Fondo de Innovación Tecnológica es un fideicomiso público creado entre la Secretaría de Economía y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) con la finalidad de

canalizar apoyos para la innovación y el desarrollo tecnológico, para la realización de investigaciones científicas y tecnológicas, así como para la formación de recursos humanos especializados, becas, divulgación científica, desarrollo de la tecnología y de la infraestructura de investigación, y para el desarrollo en las áreas de conocimiento que requiera el Sector Economía.

Presidente de Cengage Learning Latinoamérica:

Fernando Valenzuela Migoya

Director Editorial, de Producción y de Plataformas Digitales para Latinoamérica:

Ricardo H. Rodríguez

Editora de Adquisiciones para Latinoamérica:

Claudia C. Garay Castro

Gerente de Manufactura para Latinoamérica:

Raúl D. Zendejas Espejel

Gerente Editorial en Español para Latinoamérica:

Pilar Hernández Santamarina

Gerente de Proyectos Especiales:

Luciana Rabuffetti

Coordinador de Manufactura:

Rafael Pérez González

Editores:

Cinthia Chávez Ceballos

Trasgos Editores

Diseño de portada:

Miguel Ángel Macías Sierra

Imagen de portada:

© OpenGraphicDesign, Patindeldiablo Studios

Composición tipográfica:

Miguel Ángel Macías Sierra

© D.R. 2015 por Cengage Learning Editores, S.A. de C.V., una Compañía de Cengage Learning, Inc. Corporativo Santa Fe Av. Santa Fe núm. 505, piso 12 Col. Cruz Manca, Santa Fe C.P. 05349, México, D.F. Cengage Learning® es una marca registrada usada bajo permiso.

DERECHOS RESERVADOS. Ninguna parte de este trabajo amparado por la Ley Federal del Derecho de Autor, podrá ser reproducida, transmitida, almacenada o utilizada en cualquier forma o por cualquier medio, ya sea gráfico, electrónico o mecánico, incluyendo, pero sin limitarse a lo siguiente: fotocopiado, reproducción, escaneo, digitalización, grabación en audio, distribución en Internet, distribución en redes de información o almacenamiento y recopilación en sistemas de información a excepción de lo permitido en el Capítulo III, Artículo 27 de la Ley Federal del Derecho de Autor, sin el consentimiento por escrito de la Editorial.

Datos para catalogación bibliográfica:

Villavicencio Daniel, Marcela Amaro, Edgar Bañuelos, Antonio Chiapa, Alberto Morales, Leonardo Souza

Yo innovo, él innova, todos innovamos:

15 proyectos apoyados por el FIT

ISBN: 978-607-519-488-2

Visite nuestro sitio en:

<http://latinoamerica.cengage.com>

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| Introducción: Innovar o desaparecer..... | V |
| Capítulo 1. Arges: tecnología para limpiar el medio ambiente..... | 2 |
| Capítulo 2. ACS Soluciones Creativas: del hombre de hojalata al robot..... | 12 |
| Capítulo 3. Innovación con huevos: IASA..... | 24 |
| Capítulo 4. Prefixa: de la beca al <i>business</i> | 38 |
| Capítulo 5. Nekutli y los nuevos derivados del agave..... | 52 |
| Capítulo 6. Tecnología y Diseño Industrial: un proceso innovador sin fracturas..... | 62 |
| Capítulo 7. El novedoso exterminador de llantas usadas..... | 72 |
| Capítulo 8. Café con sabor a innovación..... | 82 |
| Capítulo 9. La Minera Río Tinto aprende a explotar los yacimientos del conocimiento..... | 94 |
| Capítulo 10. Ingenio la Gloria y el bioetanol: una ventana de oportunidad para México..... | 104 |
| Capítulo 11. Tecnología para el transporte con futuro: Idear Electrónica..... | 116 |
| Capítulo 12. Industrias Charricos: la innovación verde..... | 130 |
| Capítulo 13. Aerotec: emprendimiento de altos vuelos..... | 142 |
| Capítulo 14. La ecoinnovación propuesta por una pyme familiar..... | 154 |
| Capítulo 15. Innovación a 230 km por hora: Mastretta..... | 164 |
| Sobre los autores | 174 |

INTRODUCCIÓN: INNOVAR O DESAPARECER

En los albores del siglo XXI nos encontramos ante nuevos elementos que perfilan la economía mundial y que representan un nuevo entorno competitivo en su conjunto. Hoy, las empresas funcionan en el marco de un modelo novedoso de generación de valor y riqueza basado en el conocimiento, recurso intangible e inagotable que permite obtener ventajas competitivas sostenibles en el tiempo. Si bien el conocimiento ha estado presente desde siempre en la economía, detrás de la tecnología y los procesos de producción, nunca había jugado un papel tan importante como en la actualidad. En efecto, muchas empresas adquieren, desarrollan y aprovechan el conocimiento científico y tecnológico de forma estratégica para generar innovaciones que diferencian sus productos y servicios de los de sus competidores.

Una consecuencia directa de este nuevo modelo económico basado en el uso intensivo del conocimiento es que la explotación de recursos naturales, las economías de escala y la reducción de costos y precios han dejado de ser el elemento central a través del cual se puede competir, bien sea entre empresas, bien entre países.

Aunque la innovación como proceso que dinamiza la economía y los mercados no es un fenómeno reciente, se ha difundido en numerosos sectores de la industria, los servicios y algunas actividades del sector primario; además, de que ha sido más estudiada durante las últimas tres décadas. Los países que adoptaron tempranamente el nuevo modelo económico basado en el conocimiento y la innovación han desarrollado sectores de alta tecnología cuyos avances científicos y tecnológicos tienen mayor posibilidad de generar marcadas ventajas competitivas.

Sin embargo, a pesar de los evidentes beneficios, el impulso económico que provoca la innovación en algunos sectores y países crea, al mismo tiempo, una brecha con respecto a los que no cuentan con una suficiente masa crítica de empresas que finque sus estrategias de crecimiento con base en la innovación. Esta brecha puede acrecentarse con el tiempo dado que la innovación conlleva procesos colaterales que favorecen su reproducción, como señala la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).¹ En efecto, los proyectos de innovación de una empresa refuerzan sus capacidades de aprendizaje: con cada iniciativa se

¹ ONUDI. (2005). *Industrial Development Report. Capability building for catching up, historical. Empirical and policy dimensions*. Ginebra: ONUDI.

procede a la búsqueda del conocimiento pertinente y su combinación con el que la organización ya poseía, lo que a su vez permite desarrollar nuevos diseños, concebir prototipos, imaginar nuevos usos para sus productos, entre muchas otras actividades. Cuando este proceso ocurre cada vez con más frecuencia en la empresa, se establece una espiral virtuosa de creación de conocimiento y de aprendizaje permanente.²

Asimismo se han identificado otras consecuencias de la innovación como la aparición de una nueva clase de empresa, una suerte de *organización inteligente*, dinámica, proactiva y adaptable al cambio, que da mayor valor al conocimiento y por consecuencia coloca al capital humano como principal activo.

Bajo estas nuevas condiciones que marcan la economía moderna, el desafío para los gobiernos en diversos países estriba en generar condiciones apropiadas para que una mayor cantidad de empresas pueda aprovechar los beneficios de la economía del conocimiento, los cuales representan ventajas a nivel de la empresa, pero también a nivel agregado de la economía de un país entero.

Los beneficios de la innovación

La innovación es un fenómeno que se caracteriza por su efecto transformador en distintos niveles: en una empresa, la introducción de mejoras en productos o procesos desconocidos para el mercado puede marcar la diferencia con sus competidoras; pero, cuando la innovación tiene un grado considerable de novedad, puede provocar una disrupción en su industria y marcar la tendencia para el resto de las empresas, o también crear nuevos mercados.

Los sectores y mercados que cuentan con empresas cuyas estrategias de competitividad se fincan en la innovación fortalecen las condiciones para generar valor y —a largo plazo— mayor riqueza para la sociedad. Es por eso que la innovación puede entenderse como un motor de cambios estructurales con capacidad para inducir la evolución del sistema económico.

El beneficio a nivel de la empresa

La empresa constituye la unidad fundamental de cualquier economía y la base de la productividad y el empleo de cualquier sector, región o país. De ahí que sea en la empresa donde se pueden identificar con mayor notoriedad los beneficios de la innovación. En general, las organizaciones que desarrollan un proyecto de innovación³

² Véase Villavicencio D. y R. Arvanitis (1994). Transferencia de tecnología y aprendizaje tecnológico: reflexiones basadas en trabajos empíricos. *El Trimestre Económico*, 242, 257-280.

³ Existen diferencias entre la invención y la innovación. La primera es un acto creativo donde ocurre una combinación novedosa de conocimiento, pero que no tiene impacto inmediato en la economía. Es hasta que la invención se introduce de manera exitosa en el mercado cuando se ejerce su capacidad disruptiva y adquiere el grado de innovación.

—ya sea mediante innovaciones tecnológicas (producto y proceso) o no tecnológicas (organizacionales y comerciales)— buscan fortalecer sus capacidades y generar alguna ventaja que les permita sobrevivir o posicionarse en un ambiente competitivo. Las que no lo hacen suelen tener dificultades para permanecer en el mercado.

Algunas innovaciones son imitadas rápidamente por la competencia, en contraste, otras tardan años en ser emuladas y superadas. Hay innovaciones en la industria que son el resultado de la aplicación de descubrimientos científicos, en tanto otras surgen de la incesante búsqueda por mejorar la eficiencia de los procesos productivos, para reducir los tiempos, el consumo energético o el uso de materia prima, o con el fin de combinar los cambios en todas estas variables mediante transformaciones en el diseño o composición del producto. Otras innovaciones, incluso, son inducidas por cambios en reglamentaciones ambientales o sanitarias, que exigen procesos productivos más limpios y menos nocivos para la salud de los empleados, o que apelan a la fabricación de productos que no dañen la salud humana.⁴

Entre los beneficios que las empresas obtienen a partir de sus innovaciones podemos mencionar los siguientes:

- Satisfacción novedosa de las necesidades del mercado (innovación de producto).
- Apertura de nuevos mercados y participación en nichos selectos (innovación de producto).
- Reducción de costos operativos y de producción (innovación de proceso y organizacional).
- Mayor eficiencia y productividad (innovación de proceso y organizacional).
- Uso energético más eficiente y protección del medio ambiente (innovación de proceso, ingeniería y diseño).
- Sustitución de tecnologías importadas y adaptación de maquinaria y equipo (ingeniería y diseño).
- Sustitución de insumos y/o componentes importados (ingeniería, diseño, innovación de proceso y de producto).
- Sustitución de insumos o componentes nocivos para la salud o el medio ambiente (ingeniería, diseño, innovación de proceso y de producto).
- Nuevas alternativas para obtener el valor de los intercambios económicos (innovación de comercialización).

Ahora bien, la innovación, como proceso y estrategia, no brota de manera espontánea y fortuita en las empresas, sino que es el resultado acumulativo de experiencias tecnológicas y organizacionales positivas, y su capitalización para conformar estrategias novedosas de crecimiento y nuevos impulsos frente al mercado. Asimismo, la innovación

⁴ Esto ocurre particularmente en las industrias alimentaria, farmacéutica, de juguetes, de pinturas y adhesivos y de cosméticos.

resulta de proyectos específicos de investigación y desarrollo (I+D) y de un constante monitoreo de las tecnologías disponibles, la aparición de nuevos conocimientos científicos y las estrategias de los competidores.

Un proyecto de innovación puede involucrar, a su vez, distintos tipos de innovaciones menores, por lo que se esperarían beneficios en varios rubros e, inclusive, innovaciones adyacentes. Por ejemplo, la innovación de producto que implica la fabricación de un bien nunca antes ofertado por una empresa puede derivar en innovaciones de proceso, organizacionales y comerciales, es decir, podría provocar desarrollos colaterales que aumentan el alcance del proyecto, con mejoras sustantivas en la capacidad de aprendizaje tecnológico de la empresa.

A partir de su rápida capacidad de reacción frente a cambios en el entorno, las empresas innovadoras logran ventajas competitivas sostenibles en el tiempo y saben aprovechar oportunidades tecnológicas y de mercado. Cuando, a raíz de las innovaciones logradas, consiguen obtener liderazgo en su sector o mercado, pueden controlar de mejor manera el ciclo de vida de sus productos y decidir el periodo más conveniente para su duración, así como hacer mejoras antes de que lo hagan los competidores. Tal situación ocurre con frecuencia en el campo del *software* y la electrónica de consumo.

Ciertamente, un proyecto de innovación conlleva riesgos porque representa una apuesta por generar algo inexistente que pone en juego las experiencias y capacidades tecnológicas del personal de una empresa con miras a fabricar algo novedoso. No obstante, se trata de una situación paradójica, ya que, a mayor nivel de riesgo, mayor posibilidad de lograr una marcada diferencia con respecto a los competidores y, con ello, de aumentar la ventaja competitiva.

En la medida en que una innovación puede ser el resultado de los esfuerzos en investigación, diseño, ingeniería o también de vínculos con universidades, y en la proporción en que las empresas se dotan de los dispositivos organizacionales pertinentes para capitalizar las experiencias acumuladas, la innovación se convierte en una práctica permanente, en la pauta que rige el comportamiento de la empresa. Es un *modus operandi* basado en el aprendizaje, la creatividad y el riesgo; una aventura en el tiempo donde novedad e incertidumbre son corolario de las estrategias y decisiones que el empresario toma, de cara al futuro.

El beneficio para la economía de un país

Poseer un tejido empresarial con capacidades de innovación tiene evidentes ventajas para la economía en general. Un país con empresas innovadoras encuentra mejores condiciones para producir riqueza, sobre todo en una época donde la innovación a nivel internacional tiende a disminuir la importancia de las materias primas y los recursos naturales como distintivos del liderazgo económico.

Entre los beneficios reconocidos que la innovación produce en la economía se encuentra un aumento en la productividad de varios sectores, por la aplicación de

nuevos métodos de producción, los cuales también pueden generar un aumento en la rentabilidad, por la disminución de costos y mayor eficiencia productiva. Se trata de un efecto en cadena porque hay empresas de sectores, como la industria química, que elaboran insumos (plásticos, pinturas, hule, resinas y pegamentos) para otros sectores (por ejemplo, el automotriz o el de electrodomésticos), de modo que las innovaciones en unos pueden tener un efecto multiplicador en otros. De igual manera, la innovación puede derivar en la creación de un nuevo sector productivo en una región.

El caso más emblemático en los últimos años es la aparición de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), que además de convertirse en un sector económico en sí mismo, con empresas que fabrican equipos y otras que elaboran los dispositivos de *software* para su manipulación, vinieron a transformar las condiciones de producción de muchos otros sectores económicos, modificando los escenarios de creación de riqueza a nivel mundial.

Como este sector, los de la electrónica, la biotecnología o la nanotecnología tienen la capacidad de generar derramas tecnológicas y beneficios hacia otros sectores de la economía debido a la transversalidad y la convergencia tecnológicas existentes. Las aplicaciones de la biotecnología o de la nanotecnología en sectores como la salud, la alimentación o los nuevos materiales han provocado la aparición de nuevos nichos de mercado para empresas de todos los tamaños.

La innovación en los sectores productivos requiere de recursos humanos calificados: profesionistas, muchas veces con posgrado, que conciben los proyectos de ingeniería, diseño y prototipos que podrán convertirse en innovaciones. En este sentido, la innovación también tiene como beneficio económico la creación de empleos de alta calificación, que reciben mejores retribuciones y distribuyen la riqueza económica entre la sociedad.

Factores que nutren la economía del conocimiento e implicaciones para México

La globalización ha favorecido la difusión de un nuevo modelo productivo y comercial basado en el conocimiento, que multiplica sus alcances tanto en economías avanzadas como en las de países en desarrollo. Aunado a lo anterior, la aparición de las TIC ha favorecido la creación, acumulación y difusión de conocimiento a nivel mundial. La ventaja de estas tecnologías es que permiten reproducir el conocimiento de forma digital y difundirlo, por ejemplo, en internet, a bajo costo y a todos los confines del planeta. Estos factores nutren la economía basada en el conocimiento y modifican la forma en que los países generan valor para sus economías.

En el caso mexicano, participar en esta dinámica económica implica reforzar las capacidades de innovación del tejido empresarial y apoyar la adopción de nuevas prácticas y funciones en las empresas. Para innovar es necesario contar con mayores fuentes de conocimiento, por lo que establecer relaciones de cooperación entre las em-

presas, las universidades y los centros públicos de investigación se vuelve un aspecto crucial. La creación de alianzas estratégicas y redes de conocimiento es parte de las nuevas funciones que deben desarrollar las empresas cuando pretenden hacer de la innovación su estrategia de competitividad en el largo plazo. Asimismo, una capacidad adicional que también debe fomentarse en las empresas es el uso de modelos adecuados de gestión del conocimiento dentro de su organización para identificar el conocimiento valioso y traducirlo en aplicaciones de negocio.

La combinación de conocimiento nuevo y viejo para generar innovaciones es una función organizacional que depende en buena medida del capital humano, de los individuos, que son el recurso capaz de aprender e inventar. Por ello, la inserción de las empresas en la llamada economía del conocimiento implica la presencia de trabajadores y empleados que aprendan continuamente mediante procesos formales de capacitación, apoyados por modelos organizacionales que favorezcan el aprendizaje y la circulación del conocimiento pertinente entre las diferentes áreas de la empresa.

Generar las condiciones apropiadas para que la economía mexicana se convierta en una economía impulsada por la innovación presenta una ventaja adicional, dada la trayectoria histórica que muestra el país. Como parte del esfuerzo industrializador se ha promovido en distintos momentos de la vida nacional la inversión extranjera directa; y los resultados se han mostrado favorables en cuanto al aumento del empleo y la mejora del comercio internacional, donde la cuenta nacional de México muestra altas cifras de exportación de bienes de contenido tecnológico, gracias a la localización de empresas transnacionales en sectores competitivos.

Sin embargo, la integración de las empresas de capital nacional a las cadenas internacionales de valor ha tenido menores resultados. Una razón es que las empresas nacionales, sobre todo las pequeñas y medianas empresas (pymes), han tenido dificultades para incorporar tecnologías modernas en los procesos productivos y para fabricar, en consecuencia, bienes con mayor valor agregado.

Promover la innovación en las empresas manufactureras puede provocar que estas se interesen por mejorar los productos que elaboran y, así, logren insertarse en las cadenas globales de valor, ya sea como proveedores de insumos intermedios tecnológicamente complejos —por ejemplo, para las industrias automotriz o aeroespacial—, o como exportadoras de productos intensivos en conocimiento y tecnología para sectores como los de alimentos, farmacéutica o química, cuyos mercados en el mundo exigen calidad, confiabilidad y trazabilidad.

México participa en un modelo de apertura comercial desde los años ochenta, el cual se ha intensificado con la firma de más de cuarenta tratados con países de América del Norte, Europa, Asia y Latinoamérica. Las oportunidades que tiene nuestro país para beneficiarse de los tratados de libre comercio pueden multiplicarse si se logra que un mayor número de empresas desarrollen sus capacidades de innovación y puedan competir en los mercados de alto valor agregado y consumo sofisticado. Asimismo, en la medida en que se logre una transformación productiva basada en el de-

sarrollo de capacidades de innovación se podrá impulsar un modelo endógeno de desarrollo, sustentado en la capacidad productiva de sus empresas, que de forma simultánea coadyuve a reducir las dependencias tecnológicas y comerciales con otros países.

Los beneficios son múltiples para México, pero también implican un reto, pues el modelo productivo basado en bajos costos laborales, importación de tecnología y producción y ensamble de partes y piezas con reducido contenido tecnológico ha dejado una profunda huella en el comportamiento de gran parte de la industria nacional. Es por ello que se requiere acompañar a las empresas en este proceso de transformación organizacional y cambio de estrategias de competitividad basada en precios por estrategias basadas en diferenciación cualitativa de productos y servicios. Ante estas realidades, es importante contar con políticas públicas de incentivos para que un mayor número de empresas aprovechen el conocimiento y lo conviertan en innovaciones.

Las altas tasas de mortandad de empresas, sobre todo pymes, se deben en gran medida a su incapacidad para hacer más eficientes sus procesos productivos, para renovar o mejorar sus productos, para incorporar tecnología moderna y para aprovechar los factores que de manera conjunta las hubieran podido hacer más competitivas. Aquella empresa que se propone conservar su mercado, ampliar sus clientes, diferenciarse de sus competidoras y mejorar sus ventas requiere agregar valor a sus productos y, para ello, necesita innovar. De lo contrario, tarde o temprano acabará por desaparecer...

El Fondo de Innovación Tecnológica

En este marco, como ejemplo de programas de apoyo al financiamiento a la innovación, se encuentra el Fondo para la Innovación Tecnológica (FIT), de la Secretaría de Economía (SE) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), cuya finalidad es incrementar las capacidades tecnológicas de las empresas, reducir algunos riesgos asociados a la innovación y, de paso, coadyuvar a la transformación productiva que requiere la economía de nuestro país.

El FIT es un programa con más de diez años de existencia: operó de 2002 a 2006 bajo el nombre de Fondo Sectorial en Ciencia y Tecnología para el Desarrollo Económico. Desde entonces, ha contribuido al financiamiento compartido de unos cuatrocientos cincuenta proyectos de innovación en empresas de diversos tamaños y sectores a lo largo y ancho del país.

A partir de 2007, el programa cambió no solamente de nombre, sino también de enfoque, para favorecer sobre todo a las pequeñas y medianas empresas. Entre 2007 y 2009 el FIT erogó más de cuatrocientos millones de pesos para apoyar la ejecución de un total de ciento cincuenta proyectos. Estas cifras dan cuenta de la capacidad de este programa de política pública para incentivar la inversión privada en desarrollo tecnológico e innovación, ya que, por cada peso que pone

el FIT, las empresas deben poner otro tanto. Sin embargo, muchas veces, la naturaleza de los proyectos ha obligado a las empresas a aportar más recursos de los planeados. En efecto, de acuerdo con un estudio sobre el impacto del programa, podemos constatar que la inversión final en los proyectos puede, en ocasiones, incrementarse en 50% en relación a lo inicialmente presupuestado.⁵

Los apoyos del FIT

Este fondo apoya los proyectos en dos vertientes principales: 1) desarrollo e innovación tecnológicos, que puede ser mejora de procesos o productos ya existentes, o bien procesos o productos enteramente nuevos; y 2) creación o consolidación de centros de ingeniería, diseño, investigación y desarrollo. En la primera modalidad hay un total de 137 proyectos apoyados y 13 en la segunda.⁶

Un segundo aspecto a retomar en los cambios ocurridos en el FIT es el enfoque hacia áreas tecnológicas, combinando la selección de proyectos con la clasificación tradicional de ramas industriales. Así, tenemos el apoyo a proyectos en las áreas de diseño y manufactura avanzada, biotecnología, tecnologías de la información, ingeniería química y materiales avanzados, ingeniería mecánica y aplicación industrial de la energía, electrónica y telecomunicaciones, dispositivos biomédicos, nanotecnología y tecnologías extractivas.

Las áreas tecnológicas como tales pueden tener efectos positivos en varias ramas a la vez y en diversas cadenas de valor. Por ejemplo, la biotecnología puede tener efectos en la agricultura y las industrias alimentaria, química y farmacéutica. Lo mismo puede ocurrir con la nanotecnología, los materiales avanzados o las TIC, cuyas innovaciones pueden ser aprovechadas por empresas de diversas ramas industriales. La distribución de los ciento cincuenta proyectos aprobados entre 2007 y 2009 según el área tecnológica se muestran en la **Tabla 1**, en la página siguiente.

Por su parte, las ramas o sectores industriales se clasifican a partir de los productos elaborados por las empresas y los mercados de destino. Aprovechando las tecnologías relacionadas con las áreas del cuadro anterior, las innovaciones pueden ocurrir en el proceso productivo o en el producto. Así, por ejemplo, un proyecto que utiliza biotecnología en plantas o frutas puede estar relacionado con la rama de alimentos procesados, la agricultura de hortalizas o la farmacéutica; mientras que un proyecto basado en la manufactura avanzada puede tener aplicación en las ramas aeronáutica, electrónica, de bienes de capital, automotriz o, incluso, metalúrgica.

⁵ Véase Villavicencio, D. (2011). *Análisis de impacto del Fondo Sectorial de Innovación Tecnológica Secretaría de Economía-Conacyt 2007-2009. Informe final*. México: UAM.

⁶ Véase Villavicencio, D. (2011). *Op. cit.*

Tabla 1. Proyectos aprobados según el área tecnológica

| Área tecnológica | Proyectos |
|---|-----------|
| Diseño y manufactura avanzada | 37 |
| Biotecnología | 32 |
| Tecnologías de la información | 20 |
| Ingeniería química y materiales avanzados | 19 |
| Ingeniería mecánica y aplicación industrial de la energía | 16 |
| Electrónica y telecomunicaciones | 14 |
| Dispositivos biomédicos | 9 |
| Nanotecnología | 2 |
| Tecnologías extractivas | 1 |

Por su parte, las ramas o sectores industriales se clasifican a partir de los productos elaborados por las empresas y los mercados de destino. Aprovechando las tecnologías relacionadas con las áreas del cuadro anterior, las innovaciones pueden ocurrir en el proceso productivo o en el producto. Así, por ejemplo, un proyecto que utiliza biotecnología en plantas o frutas puede estar relacionado con la rama de alimentos procesados, la agricultura de hortalizas o la farmacéutica; mientras que un proyecto basado en la manufactura avanzada puede tener aplicación en las ramas aeronáutica, electrónica, de bienes de capital, automotriz o, incluso, metalúrgica.

De acuerdo con una clasificación de proyectos por ramas o sectores industriales, podemos ver que el mayor número de proyectos apoyados por el FIT corresponde a la agroindustria y los alimentos, seguido de las TIC, la química y la petroquímica. Sin embargo, la economía nacional está compuesta por muchas otras ramas que no figuran en el cuadro. Podemos inferir que las pymes de esas ramas carecen de recursos y capacidades para proponer proyectos de desarrollo tecnológico e I+D o, peor aún, que carecen de estrategias de competitividad fincadas en la innovación. La distribución de los ciento cincuenta proyectos por rama industrial se muestra en la [Tabla 2](#), en la siguiente página.

Un aspecto más que queremos destacar de los ciento cincuenta proyectos aprobados entre 2007 y 2009 son los tipos de innovación propuestos, que pueden ir desde una mejora en el proceso productivo hasta la construcción de una planta piloto. El tipo o grado de innovación de los proyectos muestra las capacidades con que cuentan las empresas para realizar innovaciones, y también las tecnologías disponibles en un momento dado: en el mundo hay tecnologías muy difundidas y, por lo mismo, disponibles para ser utilizadas en amplios sectores de la economía; en contraste, existen tecnologías de aparición muy reciente, cuya aplicación se reduce a unos cuantos procesos productivos de pocas ramas industriales.

Tabla 2. Proyectos aprobados por área industrial

| Rama industrial | Proyectos |
|-----------------------------------|-----------|
| Alimentaria y agroindustrial | 38 |
| Tecnologías de la información | 25 |
| Química y petroquímica | 21 |
| Eléctrica y electrónica | 16 |
| Metalmecánica y bienes de capital | 13 |
| Farmacéutica | 12 |
| Automotriz y de autopartes | 11 |
| Aeronáutica | 6 |
| Metalurgia | 5 |
| Celulosa, papel y sus derivados | 2 |
| Cuero, calzado y curtiduría | 1 |

La **Tabla 3** muestra el tipo de innovación realizada en los ciento cincuenta proyectos apoyados. Cabe destacar que diecinueve de ellos hacen referencia a un elemento muy novedoso para la economía nacional: las denominadas *ecoinnovaciones*,⁷ es decir, procesos o productos mejorados o enteramente nuevos cuya finalidad es reducir contaminantes o consumo energético, reemplazar insumos tóxicos por orgánicos y otras acciones que de una u otra forma contribuyen a la reducción del deterioro ambiental.

Tabla 3. Proyectos aprobados por tipo de innovación

| Tipo de innovación | Proyectos |
|---------------------------|-----------|
| Producto nuevo | 13 |
| Producto mejorado | 66 |
| Proceso nuevo | 3 |
| Proceso mejorado | 36 |
| Servicio nuevo | 2 |
| Servicio mejorado | 3 |
| Creación de centro de I+D | 10 |
| Mejora de centro de I+D | 4 |
| Prototipos | 11 |
| Planta piloto | 2 |
| TOTAL | 150 |

⁷ Véase Villavicencio, D. (2011). *Op. cit.*

Las empresas cuyos proyectos corresponden a esta tendencia se ubican en la frontera de la innovación, en la medida en que asocian dos elementos de vanguardia a nivel mundial: tecnologías competitivas y tecnologías amigables con el medio ambiente.

Quince historias que contar

En este libro, el lector encontrará varios ejemplos de innovación en empresas mexicanas, pequeñas y medianas, de muy distintos sectores: algunos, intensivos en tecnología —incluso relacionados con tecnología de reciente aparición en el país, como la aeroespacial o la biotecnología de alimentos—; otros, más tradicionales y de menor intensidad tecnológica, pero con propuestas muy novedosas. Otra característica es que las pymes se localizan en diversas partes del territorio nacional, tanto en zonas industriales de larga tradición como la zona metropolitana del valle de México, Guadalajara o Monterrey, como en zonas poco industrializadas e, incluso, zonas rurales.

Los ejemplos muestran que la innovación puede ser impulsada por diferentes factores y que el origen de un proyecto de innovación puede tener diferentes fuentes, como los clientes y el mercado, la dinámica de aprendizaje de los ingenieros avocados a la I+D, la estrategia de largo plazo de la empresa e, incluso, un viejo sueño del empresario que fue madurando con el tiempo. Además de lo exitoso de los proyectos, el común denominador es que todos fueron apoyados por el FIT de la SE y CONACYT.

Asimismo, los casos que presentamos corresponden a pymes de distintas edades y orígenes. Unas son de reciente creación —emanadas de alguna incubadora—; otras, de larga tradición familiar, en tanto otras más se caracterizan por ser asociaciones o cooperativas. La selección de casos aquí expuestos pretende mostrar al lector que, en materia de innovación, hay un amplio abanico de posibilidades, condiciones, objetivos, metas y resultados; y que no se requiere tener mucha infraestructura ni capitales millonarios para ejecutar proyectos de innovación.

Muchos otros ejemplos interesantes y exitosos se quedaron en el tintero, sin embargo, los quince narrados aquí nos parecen muy ilustrativos de la forma en que los riesgos fueron aprovechados como fuente de creatividad y de nuevas oportunidades. Esperamos que estas historias, obtenidas tras largas horas de entrevistas, revelen a cada lector las aventuras de los empresarios, ingenieros y técnicos que sumaron esfuerzos para cristalizar muchos sueños en tan innovadores resultados.

*Si quieres resultados distintos, no hagas
siempre lo mismo.*

ALBERT EINSTEIN



Química Central de México, creadora de la unidad de negocio Arges Ambiental, es una empresa orientada hacia la fabricación de productos químicos para la industria de la curtiduría. Desde 1970 se estableció como la única productora de derivados de cromo en el país y una de las cinco en todo el continente americano. A la fecha varios de sus procesos están totalmente automatizados y se integran con otras áreas estratégicas a través de un desarrollo propio de *software*. Sus clientes se encuentran en diversas industrias como la curtiduría, la química, la de pigmentos, la de galvanoplastia, la fotográfica, la litográfica, la vidriera, la minera, la farmacéutica y la metalúrgica.

Su capacidad le permite cubrir la demanda nacional y además exportar a diversos países de Norte, Centro y Sudamérica, Europa, Oceanía Medio Oriente y otros lugares de Asia.

Capítulo 1

ARGES: TECNOLOGÍA PARA LIMPIAR EL MEDIO AMBIENTE

Uno de los principales desafíos de las agendas de crecimiento económico sostenible en el mundo es la remoción de contaminantes —suelo, aguas subterráneas, sedimento o aguas de la superficie— para la protección general de la salud humana y del ambiente. El reto es grande, pues se requieren acciones en las esferas política, económica y cultural. En el caso de México, es necesario un marco institucional coherente que promueva soluciones más allá del confinamiento de los residuos tóxicos y ofrezca marcos regulatorios capaces de generar alternativas para el tratamiento de desechos tóxicos y la disminución del deterioro ambiental.

Por otro lado, en nuestro país se requiere el surgimiento de agentes económicos con visión de negocios y un fuerte compromiso social y ambiental, capaces de hacer atractivo, en términos de costos, el tratamiento de los residuos de las empresas pertenecientes a industrias como la petroquímica o la de la curtiduría, las cuales utilizan sustancias químicas y otros contaminantes en sus procesos de producción.

Como veremos, Química Central de México es una empresa cuya trayectoria le confiere una posición ideal para convertirse en catalizador de negocios del medio ambiente: para abastecer de insumos a la industria del cuero y el calzado de León, Guanajuato, solía contaminar el suelo y el agua, pero en pocos años se volvió precursora y generadora de tecnología para un mercado emergente y con mucho potencial, es decir, aquella que permite la reducción, revalorización y remediación de áreas contaminadas (la triple R).

Sin embargo, la trayectoria industrial no es suficiente. En Química Central se generaron procesos de aprendizaje que permitieron incorporar a la estrategia de la empresa una relación continua con universidades y centros de investigación. La cultura organizacional promovió la constante actualización de sus recursos humanos, en conocimiento científico y tecnológico, así como la generación de un alto compromiso social y con el medio ambiente. Como resultado de lo anterior e ingrediente fundamental, los directivos de la empresa tuvieron la capacidad de resolver retos tecnológicos y de imaginar escenarios futuros alternos para el negocio de la compañía.

A mediados de la década pasada, la empresa tuvo que reducir drásticamente sus desechos sólidos para dejar de contaminar el suelo con derivados de cromo. En su búsqueda de nuevas soluciones a viejos problemas, los ingenieros y técnicos de la empresa encontraron una oportunidad de negocio, que esperan que será muy lucrativo en el futuro, según nos cuenta el ingeniero Fernández, quien ha sido socio y gerente de Química Central por muchos años y principal precursor de su desarrollo tecnológico e innovación.

El nacimiento de Arges

Más de tres décadas de producción ininterrumpida de productos químicos para la curtiduría generaron cantidad de residuos peligrosos (trescientas mil toneladas de cromo VI) que se fueron almacenando en los terrenos de Química Central, en el municipio de San Francisco del Rincón, Guanajuato. Ante el peligro de tanto contaminante para la salud humana, la empresa se comprometió a resolver el problema de los residuos mediante una tecnología que permitiera no solo estabilizarlos, sino también reutilizarlos en nuevos materiales y productos inocuos para las industrias petroquímica, de la construcción, del papel, entre otras. (Ver en la [Tabla 1.1](#) y la [Tabla 1.2](#) los subsectores y productos de la industria química, entre otros datos).

Tabla 1.1. Función, importancia y subsectores de la industria química

| Función | Importancia | Subsectores |
|--|---|--|
| Proveer materias primas e insumos a otras industrias: extraer y procesar las materias primas, tanto naturales como sintéticas, y transformarlas en otras sustancias con características diferentes a las originales. | Es fundamental para el desarrollo de numerosas cadenas productivas, pues sus productos están presentes en prácticamente todas las actividades económicas. Abastece a más de cuarenta ramas industriales y demanda bienes y servicios de más de treinta. | <ol style="list-style-type: none"> 1. Inorgánicos básicos 2. Petroquímicos 3. Química fina 4. Fibras sintéticas 5. Fertilizantes y agroquímicos 6. Especialidades químicas |

Tabla 1.2. Productos ofrecidos por la industria química y áreas de innovación

| Productos | Áreas de innovación a nivel mundial |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Pinturas, barnices y recubrimientos 2. Jabones, detergentes y productos de limpieza 3. Perfumes, cosméticos y productos de cuidado personal 4. Productos farmacéuticos y medicamentos | <p>Productos: nuevos polímeros y plásticos, recubrimientos y catalizadores; combinación de materiales orgánicos e inorgánicos.</p> <p>Procesos productivos: procesos más eficientes (menos consumo de agua y energéticos) y menos contaminantes.</p> |

Así, en 2005 Química Central propuso un proyecto para el Fondo Mixto Guanajuato-CONACYT con el objetivo de diseñar el equipo y un prototipo de planta donde se pudiera controlar el principal contaminante de su proceso productivo; la inversión superó el millón de dólares, de los cuales más del 80% fueron financiados por la empresa.

Una vez probada la tecnología, se construyó una planta que comenzó a operar de inmediato.¹ Podemos decir, en consecuencia, que los resultados de este proyecto fueron positivos en dos sentidos:

1. Se logró desarrollar una tecnología que disminuye los residuos tóxicos en la elaboración de insumos para la industria del cuero y el calzado.
2. Se adquirieron capacidades tecnológicas que permitieron imaginar nuevos horizontes de negocio.

Fue entonces cuando la empresa planeó la instalación y equipamiento de un centro orientado a la experimentación y el desarrollo de productos amigables con la naturaleza. Para ello, en 2007 se presentó un proyecto al Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) con el nombre “Instalación y equipamiento de un centro orientado a la experimentación y al desarrollo de productos amigables con la naturaleza, a partir de residuos peligrosos de las diversas ramas de la industria, como la curtiduría y el sector químico”.

La idea era crear un centro de investigación para la reducción, reciclado y reutilización de residuos; es decir, privilegiar las tres R (revalorizar a través de la búsqueda de alguna aplicación), pero haciéndolos susceptibles de ser utilizados como materias primas en otras industrias.

Así, el objetivo de la empresa es contribuir al aprovechamiento de las materias primas de sus clientes por medio de la revalorización de sus residuos peligrosos, ahorrando el costo de confinamiento y transformándolos en subproductos comercializables como materias primas para otras industrias. Al cabo de dos años, y como resultado del proyecto apoyado por el FIT, fue creada Arges Ambiental, una nueva unidad de negocio encargada de desarrollar las aplicaciones y resultados del mencionado proyecto, perteneciente al grupo QUICEMEX que, junto con Química Central, ha generado la semilla para crear una línea de negocio absolutamente innovadora.



Vista de las instalaciones de Química Central.

¹ Cabe mencionar que la tecnología desarrollada, además de haber sido patentada, comenzó a venderse a otros productores del mismo tipo de contaminante, en países como Colombia y Brasil.

En Arges están orgullosos de haber cumplido con mucho éxito cada una de las metas establecidas. El proyecto permitió generar un proceso por medio de la incorporación de especialistas para el desarrollo de productos, así como para el montaje, el equipamiento y la prueba para lograr la operación del centro al 100%. Además, se lograron la optimización de procesos y la capacitación del personal de operación, el desarrollo de dos nuevos productos para recurtido de cuero y uno para la eliminación de sólidos suspendidos en aguas residuales, así como la codificación de los procesos de ingeniería llevados a cabo.

En lo que a capacidades tecnológicas se refiere, podemos decir que el personal incrementó su conocimiento sobre el tratamiento de residuos y desarrolló habilidades para el diseño de soluciones tecnológicas en el ámbito de tecnologías limpias: dependiendo del tipo de desecho tóxico, Arges puede ofrecer la posibilidad de reducir la contaminación, de reciclar el contaminante y, si es posible, de utilizarlo como materia prima para otro proceso.²

Arges cuenta hoy día con un laboratorio de I+D y una planta de tratamiento y descontaminación de residuos tóxicos de suelos. El proceso de aprendizaje del personal lo ha llevado a desarrollar capacidades más amplias que la sola remediación de suelos contaminados: puede ofrecer un servicio integral que abarca aspectos de metodologías para ordenamiento ecológico, modelos matemáticos para evaluar la dispersión de contaminantes en suelo o en mantos acuíferos y sistemas de información geográfica.

Como efecto colateral positivo del proyecto se encuentra la vinculación con instituciones de educación superior, ya que la empresa no contaba con todo el conocimiento necesario en algunas áreas de la química para el desarrollo de la totalidad del paquete tecnológico; de tal suerte, fue necesaria la colaboración de investigadores de la Universidad de Guanajuato (UG) y de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Adicionalmente, participaron algunos estudiantes de la UG, a través de estancias de investigación. El proyecto también contempló la formación de recursos humanos: cuatro doctores, tres licenciados y tres especialistas.³ Es raro que las empresas o los empresarios incursionen en actividades de corte académico pero, en este caso, los resultados del proyecto dieron lugar a que se publicaran artículos en revistas nacionales e internacionales en el campo de las tecnologías limpias.

De la vinculación con las universidades han surgido proyectos de investigación que colocan a Arges en la frontera tecnológica; por ejemplo, en un proyecto se realizan estudios sobre bacterias que consumen cromo, opción muy avanzada para remediar o limpiar suelos contaminados. Además, consciente de la impor-

² Los desechos tóxicos pueden tener un origen industrial, pero también agrícola y doméstico, como resultado de la basura generada por las concentraciones urbanas.

³ Cabe mencionar que de estas personas, dos se integraron como personal especializado y calificado a la recién creada Arges.

tancia de la sinergia con instituciones de investigación superior, Arges dona a las universidades equipo o materiales para potenciar la investigación sobre estudios en biorremediación, campo emergente de investigación científica y de desarrollo tecnológico; de modo que tanto Arges como los investigadores universitarios han encontrado importantes oportunidades de colaboración y sinergia en campos científicos y tecnológicos emergentes.

La dinámica que se ha creado dentro de QUICEMEX a partir de los proyectos apoyados por los programas del CONACYT y la Secretaría de Economía (SE) ha permitido generar procesos de aprendizaje, transferencia de conocimiento y creación de nueva tecnología, así como el nacimiento de Arges y el crecimiento del grupo a través de una nueva oferta de productos y servicios.

Por ejemplo, una vez probada la tecnología, Química Central obtuvo contratos con varias tenerías ubicadas alrededor de León, Guanajuato, para descontaminar suelos o reciclar desechos tóxicos. El ingeniero Fernández nos ofrece otro ejemplo relacionado con el reciclado del principal contaminante de la empresa: “Al disponer de diferentes derivados del cromo, tenemos la posibilidad de ofrecer catalizadores en base a [este] para la industria petroquímica. Lo que antes confinábamos, ahora resulta que lo podemos vender”. El conocimiento y tecnología desarrollados a partir de estos proyectos están protegidos mediante patente (conseguir el nombre), referente a tecnología que permite eliminar el cromo VI.

“Lo que antes
confinábamos, ahora resulta
que lo podemos vender”.

El surgimiento de un mercado sustentable

En México operan dos empresas de confinamiento de desechos tóxicos, una española y la otra francesa, por lo que no existe ningún otro competidor que cuente con la tecnología que tienen Química Central y Arges para la recuperación de suelo, aire o agua; por otro lado, a nivel internacional, hay muy pocos competidores en el mercado. Esto es lo que le permite mantener su ventaja competitiva en el sector.

Sin embargo, el mercado es muy incipiente y aún hay problemas de regulación debido a que se contradicen algunas leyes. Según el ingeniero Rodríguez, no está claro qué se puede confinar, qué se debe tratar y quiénes están obligados a una u otra cosa.

Existen empresas que podrían considerarse competidoras, pero generalmente se dedican a la confinación y no desarrollan tecnología. Además, estas empresas solo atienden un rango muy restringido de desechos químicos. A diferencia de estos *competidores*, Arges puede atender un espectro muy amplio de sustancias tóxicas de diferentes industrias para dar un tratamiento con mayores y mejores opciones que las que se ofrecen actualmente en el mercado.

Como explica el ingeniero Fernández, Arges puede crear soluciones *ad hoc* gracias a su visión única de negocios: “Mandamos a nuestro equipo de especialistas a realizar

“Mandamos a nuestro equipo de especialistas [...] para solucionar el problema.

Posteriormente, se hacen pruebas de laboratorio en nuestra planta, y después se propone al cliente una solución”.

estudios y evaluaciones con los cuales se comienza a planear las posibilidades técnicas para solucionar el problema. Posteriormente, se hacen pruebas de laboratorio en nuestra planta, y después se propone al cliente una solución”.

Una vez estructurada la propuesta, la empresa tiene las capacidades para ofrecer uno o cualquiera de estos servicios:

- Realización de pruebas y elaboración de propuesta de solución para el tratamiento de los residuos.
- Diseño de la planta para el tratamiento de los residuos.
- Entrega de la planta al cliente, *llave en mano*.
- Operación de la planta para el cliente o capacitación de su personal.

El modelo de negocio completo se puede apreciar en el Esquema 1.1 y los servicios especializados en el Esquema 1.2.

Esquema 1.1. Modelo de negocio ecológico de ARGES



Esquema 1.2. Servicios especializados de ARGES



En la actualidad, Arges cuenta con más de quince clientes, entre los que destacan empresas del ramo turístico, la industria de la curtiduría y el gobierno. A cada cliente se le ofrece una opción técnicamente buena y económicamente viable. Como menciona el ingeniero Fernández: “Hay que demostrar a las empresas lo que les conviene; si un terreno vale veinte millones, y el costo por limpiarlo es de cinco, entonces se estarían ganando mínimo quince millones; [en cambio], de dejarlo así, se tendría un terreno inmovilizado, contaminado, y nadie podría usarlo”.

En muchos casos, el confinamiento de residuos puede ser menos costoso, pero no resuelve el problema de la contaminación, solo lo posterga. Así, la tecnología desarrollada por Química Central y Arges no solo contribuye a limpiar el medio ambiente, sino que coadyuva a la creación de un mercado anteriormente inexistente.



Vista de la entrada de Química Central-Arges.

Retos y la esperanza de un futuro renovado

Uno de los principales retos para cualquier empresa que está iniciando es el escalamiento y la eficiencia en sus procesos. En este sentido, Arges está experimentando un proceso de modernización tecnológica de sus sistemas; para ello, está

“Sin el apoyo del Fondo, la empresa no habría podido ejecutar el proyecto por falta de recursos”.

haciendo uso de la mecatrónica, que consiste en la combinación sinérgica de la ingeniería mecánica de precisión, de la electrónica, del control automático y de los sistemas para el diseño de productos y procesos industriales. Se espera obtener ventajas en cuanto a flexibilidad, versatilidad, nivel de inteligencia de los productos, seguridad industrial y ambiental, confiabilidad y bajo consumo de energía.

Un segundo desafío que enfrenta la empresa se relaciona con el mercado nacional: es necesario que este crezca para potenciar el crecimiento de Arges Ambiental. No obstante, se requiere de un cambio en la legislación y en el marco de nuestras instituciones ambientales;

actualmente, los clientes con los que se cuenta son pocos, pues dependen de los requerimientos y las acciones sobre la remediación del medio ambiente que solicite el gobierno federal a las empresas. Es por eso que Arges busca vender su tecnología en países de Europa y el vecino Estados Unidos.

El plan de negocios a cinco años es sumamente ambicioso. En ese periodo se pretende transformar a la empresa en una organización que venda tecnología a nivel internacional, preste servicios tecnológicos, diseñe plantas y venda residuos reciclados, todos con sentido ecológico. El sueño de los accionistas es que en pocos años Arges sea líder a nivel mundial en este nuevo mercado.

El tercer reto para la empresa es la fuerte inversión que se necesita en materia de I+D. En este sentido, el papel que jugaron los fondos de la SE y el CONACYT para la realización de sucesivos proyectos fue fundamental. Como menciona el ingeniero Fernández: “Sin el apoyo del Fondo, la empresa no habría podido ejecutar el proyecto por falta de recursos”.

Sin embargo, los retos en materia de financiamiento continúan: durante la primera etapa del proyecto de Arges, en 2007, la empresa tuvo que hacer adaptaciones a su edificio y necesitó comprar equipos especializados para sus laboratorios, pero ahora requiere nuevos equipos. Los recursos otorgados por los programas de apoyo a la innovación le permitieron la realización de la primera etapa del proyecto, sin embargo, ahora la empresa está buscando recursos para comprar algunos equipos más sofisticados. El costo es grande, pero la visión del negocio también lo es. Por ello, en Arges se está diseñando una estrategia para atraer nuevos clientes y así ge-

nerar mayores recursos, o convenios de trabajo con el gobierno federal, por ejemplo, para descontaminar suelos en algunos municipios.


La empresa planea darle continuidad al proyecto, explorando posibilidades con otro tipo de desechos minerales para su recuperación y reutilización, como los suelos contaminados por la industria petroquímica o la metalmecánica. Gracias al proyecto apoyado por el FIT, la empresa ha podido abrir un nuevo mercado y ofrecer servicios a empresas curtidoras de León y a otras empresas químicas que producen importantes cantidades de residuos tóxicos. Incluso, Arges espera poder vender servicios de tratamiento de residuos a las compañías que hoy se encargan de confinar los residuos.

El grupo QUICEMEX es un claro ejemplo de empresa que se vio obligada a explorar nuevos horizontes ante dificultades normativas, ambientales y tecnológicas, convirtiéndose en una empresa innovadora en un nicho emergente a nivel mundial. La urgencia de producir insumos químicos para la industria del cuero y del calzado evitando contaminar el suelo, llevó a Química Central a incursionar en una dinámica de innovación cuyo resultado fue la concepción e implementación de tecnología que sirve para limpiar el medio ambiente.

En la actualidad, QUICEMEX no solo encierra la promesa de renovar el futuro de su grupo de empresas, sino de renovar la idea de hacer negocios; de aprovechar oportunidades invaluable para limpiar el medio ambiente de los residuos de las industrias que usan productos químicos. Los retos son grandes, pero el sueño de tener una empresa de reconocimiento mundial comprometida con el medio ambiente es aún mayor.



Durante una década, muchas pymes de la zona industrial de Monterrey y de otros estados atestiguaron la evolución de las capacidades tecnológicas de ACS, empresa que pasó de coleccionar maquinaria de segunda mano para reforzar las líneas de producción de sus clientes, a diseñar y fabricar sistemas automatizados completos y robots hechos a la medida de las necesidades de cada cliente. Aunque muchos robots siguen siendo ensamblados con partes y piezas de segunda mano, empresas como ACS representan un importante eslabón para el proceso de modernización tecnológica de la industria nacional. En efecto, la incorporación de diferentes tipos de robots y de estaciones automatizadas completas en los procesos productivos de las pymes favorece su escalamiento tecnológico y con ello también posibilita el aumento de su competitividad.



Capítulo 2

ACS SOLUCIONES CREATIVAS: DEL HOMBRE DE HOJALATA AL ROBOT

Usualmente, cuando se habla de manufactura avanzada, se piensa en grandes firmas a nivel internacional dedicadas a la fabricación de toda clase de sensores, robots y plataformas automatizadas. En México conocemos equipo de este tipo principalmente por empresas transnacionales y algunas mexicanas que pueden adquirirlo. Sin embargo, también existen iniciativas de algunos emprendedores que se han interesado por dar servicios de ingeniería empleando robots fabricados en México. Una de estas empresas es ACS Soluciones Creativas, localizada en Apodaca, Nuevo León, zona industrial a las afueras de Monterrey donde el ingeniero Geu Dávila y sus colaboradores ofrecen soluciones de automatización y robótica a la industria nacional.

El taller donde se diseñan estas nuevas soluciones es una combinación de centro de alta ingeniería y *yonque*¹ industrial. Se trata de un lugar donde coexisten codo a codo estaciones de desarrollo donde se planea el funcionamiento mecánico y del *software* —como las que comúnmente se encuentran en los laboratorios avanzados de mecatrónica— y un laberinto de robots de todas clases, tamaños y funciones que sirven como insumos para los diversos proyectos de automatización que requieren los clientes.

Esta es una de las contadas empresas mexicanas que vende robots ensamblados por ellos mismos y adaptados a las características de la industria nacional. “Debemos estar preparados para atender cualquier clase de empresa de transformación; entre nuestros clientes tenemos fabricantes de autopartes, piezas eléctricas y electrónicas, muebles y, naturalmente, de partes metalmecánicas... La automatización se puede aplicar a una diversidad de empresas, pero ninguna es igual a otra, ni siquiera siendo del mismo sector; por eso cada proyecto tiene sus propios retos, nunca se sabe qué podemos encontrar”, señala el ingeniero Dávila.

Sin embargo, a pesar del amplio rango de acción que puede cubrir la automatización, para una empresa pequeña como ACS fabricar robots no fue un salto inmediato,

¹ Así se denomina al sitio donde se encuentran partes y accesorios de maquinaria usada de toda clase para su venta y reutilización.

ni tampoco suele ser lo común en la industria metalmecánica nacional. El ingeniero Dávila y su equipo de trabajo comenzaron hace once años, tal como lo hacen varias firmas en Monterrey: ofreciendo servicios de ingeniería orientados a mejorar la calidad de las empresas de la ciudad. En sus inicios, como tantas otras, disputaron un lugar en un mercado saturado de competidores y sin una clara estrategia de diferenciación, hasta que llegó un proyecto distinto que sentaría las bases para reestructurar su modelo de negocio y comenzar a probar suerte en el mundo de la robótica.

ACS: empresa de automatización y robótica

El proyecto consistía en automatizar una línea productiva, pero, a diferencia de los trabajos anteriores, implicaba instalar un robot, algo que no habían hecho hasta el

ACS descubrió un nicho de mercado: atender un espacio que no cubrían otras firmas, ofreciendo proyectos de automatización.

momento y que puso a reflexionar al equipo sobre sus propias capacidades y el rumbo que tomarían. Exploraron la idea con cuidado, pues no podían darse el lujo de ofrecer algo que no serían capaces de cumplir. Antes que nada, investigaron un poco sobre el sector, contactando a los fabricantes de equipos originales —todos extranjeros— y conociendo la clase de servicios que ofrecían en México, con lo que pudieron darse cuenta de sus alcances y limitaciones.

Estas empresas venden los robots en México como cualquier otra clase de maquinaria y equipo, sin embargo, el comprador debe saber muy bien lo que necesita antes de realizar el pedido, porque estas proveedoras carecen de oferta de servicios básicos y necesarios para muchas empresas mexicanas. Por ejemplo, no hacen un diagnóstico de la planta donde se piensa instalar el robot para saber si resulta compatible con la tecnología y

capacidad instalada, ni verifican si el equipo que suelen vender puede solucionar la problemática del cliente. Bajo esa clase de esquema de venta, el usuario debe ser un experto y tener la capacidad para realizar el proyecto de adopción tecnológica en robótica, una capacidad que puede rebasar a muchas pymes manufactureras de México que cuentan con equipos manuales o semiautomáticos y están lejos de incursionar en el mundo de la automatización y los robots.

ACS descubrió entonces un nicho de mercado: atender un espacio que no cubrían otras firmas, ofreciendo proyectos de automatización que incluyeran el diseño y la asesoría de la solución, así como la fabricación de robots ensamblados en México.

Entrar en un sector donde firmas internacionales de gran tamaño ya se encuentran instaladas no es fácil, sobre todo para una pyme mexicana que no cuenta con los mismos recursos que el resto de los competidores. Sin embargo, el mercado tiene espacio

para todos, y mientras las grandes firmas de robótica son contratadas por empresas transnacionales, existen otras de tamaño mediano que no resultan atractivas para los grandes fabricantes mundiales de robots.

Naturalmente, la nueva idea de negocio modificó la estrategia de ACS: se requiere fabricar robots mexicanos de forma competitiva y eficiente y venderlos a un precio más económico que el de los elaborados por las firmas de manufactura original, con el extra de suministrar un servicio integral que incluye el diseño del proyecto, la celda de robótica y la atención local del servicio postventa. Este último aspecto representa una ventaja frente a los competidores extranjeros, pues se trata de un servicio conveniente y personalizado poco atractivo para ellos. A la fecha, ACS cuenta con más de un centenar de proyectos implementados, algunos llevan más de diez años en operación y aún funcionan, tal como cuando fueron instalados.

Al principio, conseguir clientes no fue una tarea fácil y ahora tampoco, pues implica el trabajo adicional de *cultivar* al mercado pyme sobre lo que consiste un servicio de alta tecnología en automatización; mostrar cómo sacar mejor provecho a toda la línea de producción una vez instalado el robot y ampliar con ello los beneficios. Pero, a pesar de esos inconvenientes, ACS continúa llenando su cartera de proyectos, principalmente de clientes que repiten el servicio: “No conocemos cliente que tenga tan solo un robot instalado por nosotros, regularmente vuelven por más y la mayoría ya tiene varios”, asegura el ingeniero Dávila, con un tono de satisfacción por el trabajo realizado. “Nuestra segunda forma de conseguir clientes es por recomendación de otras empresas que ya tienen una celda robotizada y perciben sus múltiples beneficios: aumento en la productividad, mayor calidad de fabricación, reducción de desperdicios, entre otros. En general, todo esto se traduce en mejores productos que dan la cara por la marca; hacer un buen trabajo siempre es la mejor forma de ganarse el prestigio del mercado”, enfatiza, mientras recorre el patio del taller en busca de las piezas para el robot que está fabricando. Aún no tiene el diseño terminado, pero con una visita al *stock* de partes, bien puede darse una idea; la imagen se parece a la del escultor que, después de revisar los bloques de mármol de que dispone, elige del montón una sola pieza, aquella que le anuncia la figura en que se convertirá.

“No conocemos cliente que tenga tan solo un robot instalado por nosotros, regularmente vuelven por más”.

Reciclaje y aprendizaje tecnológico

Dentro del taller se encuentra un espacio reservado donde se ubican enormes piezas de maquinaria pesada y de robots que en su conjunto se asemejan a un botadero industrial. En realidad se trata del acervo de piezas y refacciones que lleva acumulando por más de once años el ingeniero Dávila. Para un negocio como el de soluciones

de automatización, es importante contar con una reserva propia de piezas y equipo para generar los nuevos diseños de celdas de automatización y robots que harán más eficientes los procesos productivos de los clientes. Estos diseños combinan partes industriales o fusionan elementos que aparentemente no tienen conexión alguna, pero que terminan siendo funcionales; piezas que provienen de máquinas distintas, pero que encuentran nuevos usos al ser ensamblados en un robot.

Tener un taller donde se destina un gran espacio para piezas usadas puede parecer un inconveniente, pero en realidad tiene una explicación práctica: con un lote suficientemente grande de piezas, es posible responder de mejor modo al tipo de proyectos que ejecuta ACS. La instalación de una celda robotizada para clientes que pueden tener cualquier clase de maquinaria en su planta productiva—inclusive equipo descontinuado— requiere de piezas que seguramente ya no se encuentran en el mercado o que deben reconstruirse y adaptarse con partes usadas. Es así que la eficacia del servicio proviene de la capacidad de la empresa para ser creativos y proponer nuevos desarrollos, dado que cada proyecto es único en su tipo, y requiere contar con un lote propio para aumentar las posibles combinaciones de piezas que integrarán los proyectos por venir.

Una parte importante de cualquier industria de alta tecnología reside en los conocimientos y habilidades de sus recursos humanos.

En este punto se antoja una pregunta: ¿Cómo es posible que una pyme, con todas las restricciones propias de su tamaño y condición, haya migrado a un sector de alta tecnología, como la fabricación de celdas o cámaras robóticas de manufactura? La respuesta no puede ser simple. Como suele ocurrir con muchos casos exitosos, se trata de una combinación de factores, de los cuales podemos destacar dos.

Por un lado, se encuentra la voluntad de emprendimiento del equipo de trabajo y su dedicación para lograr una meta que resulta ambiciosa. Por otro lado, está el hecho de que supieron aprovechar las oportunidades disponibles en el entorno y tuvieron la suficiente capacidad de aprendizaje para evolucionar gradualmente hacia los objetivos propuestos.

En el fondo, la respuesta se encuentra en la forma como adquirieron sus capacidades de ingeniería. Una parte importante de cualquier industria de alta tecnología reside en los conocimientos y habilidades de sus recursos humanos. En este caso, el aprendizaje tuvo que ver con la forma en que se desenvuelve el sector industrial en la frontera norte del país, y la manera como la empresa supo aprovechar las oportunidades de esta clase de entorno. A diferencia de lo que ocurre en México, en Estados Unidos existen líneas de producción y plantas industriales que son desmanteladas por completo para poner un nuevo sistema, con el objetivo de instalar una versión actualizada o simplemente cuando se trata de estandarizar el equipo bajo la marca y tecnología de un mismo proveedor con quien se tiene el convenio para varias plantas.

Estos grandes desmantelamientos generan todo un mercado de piezas y maquinaria que suele ser adquirido por empresas mexicanas cercanas a la frontera norte. Así, en Estados Unidos existe lo que se conoce como *subastas públicas de maquinaria pesada*,² donde se vende equipo que todavía está en funcionamiento o que requiere ajustes menores para volver a operar. Hay empresas que se dedican a comprar esta maquinaria —en ocasiones líneas de producción completas— de segunda mano para revenderla en México. El concepto ha tenido mucha difusión y ahora también es posible encontrar subastas similares en algunos estados del país. Sin embargo, para el equipo del ingeniero Dávila, estas piezas representan algo distinto a la simple oportunidad de un negocio de compra-venta, como lo ven otras empresas mexicanas, más bien son los insumos para hacer ingeniería y competir en el mercado de las estaciones robotizadas de manufactura de origen nacional.

Con el acceso a una fuente diversa de insumos y la gradual aparición de un mercado de empresas nacionales con deseos de escalar su tecnología hacia la automatización, es como el personal de ACS adquirió sus capacidades, aprendiendo de la diversidad de proyectos que llegan al taller. La mayoría del grupo de trabajo son técnicos que han aprendido con el tiempo y hoy se les considera tan capaces como cualquier ingeniero; mientras otros aprenden en las universidades, ellos *se hacen* en contacto directo con los fierros, acumulando conocimiento en diseño y fabricación de cámaras de automatización y robots.³



Robot para reconstrucción.

² El término en inglés con que se conoce esta clase de mercado industrial es *public machinery auctions*.

³ Se trata de una estación, una cámara cerrada o un puesto de comando a partir del cual se opera y controla la maquinaria de un proceso productivo.

Actualmente, la empresa es capaz de armar sus propios robots con piezas usadas, ya sea para integrar unos similares a los diseños mundiales o, incluso, para hacer que funcionen en labores distintas a aquellas para las que fueron creados. Hoy, ACS ha diversificado su oferta, que incluye robots de carga de tarimas o *palets* y para soldadura, manejo de materiales y rebabeo, entre otros. Esta capacidad de ingeniería le ha valido para ofrecer también sus servicios a grandes empresas, como Hylsa, e incluso salir al extranjero para atender la industria acerera de Venezuela.

Una empresa pequeña de impacto multiplicador

El ingeniero Dávila ha reunido a su equipo para atender el caso de una empresa de partes eléctricas ubicada en Monterrey. Sabe que al paciente le duele pero, como suele pasar con cualquier revisión médica (o tecnológica), puede tener un padecimiento más grave sin estar consciente de ello. Como ocurre con empresas de otras ramas de la industria nacional, su tecnología es de generaciones anteriores: algunas empresas tienen maquinaria que en otros países fue desechada hace muchos años y que bien podría formar parte de un museo de la industria del siglo XX. Estamos ante un caso habitual, pues en la industria nacional aún existen empresas con maquinaria de operación manual. Por ello, parte del servicio que ofrece ACS es desarrollar un proyecto para automatizar la línea de producción.



Robot en el patio del *yonque* industrial.

Para lograrlo, se requiere convertir esas máquinas manuales en automáticas, hacer que funcionen de otra forma para la que fueran hechas. Una situación común es la de aquellas empresas que no operan con normas de calidad o de estandarización, por lo que instalar la celda de automatización sin atender otros aspectos de la planta podría no ser una solución a su problema. El diagnóstico es grave para el paciente: si se desea que el proyecto funcione, se necesita hacer cambios drásticos en toda la planta y las pymes no cuentan con los recursos necesarios para modernizar sus líneas de producción de un solo *jalón*...

Sin embargo, como ACS tiene la capacidad de ingeniería para desarrollar la interfaz entre el robot y la maquinaria de generaciones anteriores con que cuentan muchas empresas del país, contribuye a que más empresas mexicanas puedan operar de forma automatizada sin tener que cambiar toda su línea de producción. Muchas pymes no pueden darse el lujo de cambiar su planta productiva, pero pueden actualizar secciones y, apoyados con el reajuste de las prácticas operativas, el proyecto y el servicio de ACS cumple con el propósito de modernización.

El efecto es multiplicador: con la automatización lograda, las pymes son capaces de aumentar su producción, reducir costos unitarios y garantizar la calidad de sus productos; incluso algunas en mejores condiciones pueden encontrar la oportunidad de integrarse a cadenas internacionales de producción y exportar. Al atender un nicho de mercado que de otra forma no tendría acceso a robots y celdas de automatización, ACS coadyuva a la transformación de la industria nacional permitiendo que más empresas estén acordes con los nuevos tiempos de mayor competencia y globalización en que se encuentra la economía mexicana.

Las vicisitudes de lo cotidiano

Toda historia tiene al menos dos caras, es difícil encontrar que algo sea completamente exitoso o que tenga todo resuelto, ya que de ese modo las empresas no podrían mejorar. Para ACS aún quedan temas por resolver, que también pueden ser útiles para otras empresas. Como toda pyme, tiene límites para crecer, cuenta con recursos escasos de toda índole —personal, capacidad instalada, flujo de dinero—, etcétera. En ocasiones se presentan clientes atractivos que tienen proyectos ambiciosos que agitan las ideas y expectativas del ingeniero Dávila y su equipo, pero que al mismo tiempo son demasiado grandes y tienen que dejarlos pasar.

Un tema central, que representa una barrera, es el financiamiento durante el proyecto, puesto que, en lo que se concluye y el cliente lo aprueba, ACS absorbe los costos; en consecuencia, no puede tomar demasiados proyectos al mismo tiempo, ni estos pueden ser costosos o grandes, pues no se cuenta con los recursos suficientes: “Aprendimos con la práctica que hay proyectos que no podemos darnos el lujo de tomar, aunque resulten atractivos”, comenta el ingeniero Dávila. Como las finanzas no lo permiten, la empresa debe seleccionar muy bien los proyectos e identificar aquellos

que no pueden hacer para evitar aventurarse y terminar por no cumplir las expectativas del cliente.

Por otra parte, como se anotó más arriba, otra de las dificultades que ACS ha enfrentado a lo largo del tiempo se relaciona con los recursos humanos: al ver la rápida rotación de su personal, principalmente ocasionada por los recién egresados de las universidades que después emigran a las empresas transnacionales, ACS ha tenido que concentrar sus esfuerzos de capacitación en quien verdaderamente se quedará en la empresa. Por ello, ahora da mayor atención a la formación de sus técnicos, quienes llevan más tiempo en la empresa y tienen la experiencia para afrontar los proyectos más demandantes. Actualmente, cuenta con alrededor de 31 empleados, de los cuales casi la mitad son técnicos.

Es importante notar que, para el desarrollo de un sector industrial, es necesario mantener los conocimientos actualizados, tanto en las empresas como en las universidades que generan el recurso humano que impulsa al sector. Así, el ingeniero Dávila, consciente de lo fundamental que es difundir estos conocimientos, lleva un programa de responsabilidad social que intenta fomentar la robótica en las instituciones de educación superior: “Nosotros participamos en actividades de vinculación universidad-empresa; pero, a diferencia de lo usual (esto es, que los nuevos conocimientos provengan del sector educativo), nosotros hacemos la transferencia de tecnología

hacia las universidades —apunta el ingeniero Dávila, con el tono de quien acaba de caer en cuenta de algo importante—, nosotros les construimos robots para sus talleres y prácticas de ingeniería, inclusive capacitamos a los profesores para dar las clases de robótica. Por ser universidades, por cada robot que nos compren les regalamos otro... ofrecemos robots dos por uno todo el año, ¡es una ganga!”, sonríe mientras aclara el punto.

El programa ha sido exitoso, el taller de robótica ha sido registrado en la Secretaría del Trabajo y Previsión Social para que sea considerado como capacitación formal. Tienen robots instalados en instituciones como la Universidad Tecnológica de Apodaca y la Universidad Autónoma de Yucatán; incluso el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), institución reconocida por su alto nivel tecnológico, les solicitó expresa-

mente una celda robotizada para la enseñanza en sus posgrados de ingeniería en su unidad de Saltillo.

Además de la transferencia de tecnología, en ACS también tienen otras formas de vinculación: suelen recibir estudiantes de las universidades locales para hacer sus prácticas profesionales y en ocasiones algunos terminan por formar parte de la em-

“Por ser universidades, por cada robot que nos compren les regalamos otro... ofrecemos robots dos por uno todo el año, ¡es una ganga!”.

presa. La presencia de estudiantes es constante y el ingeniero Dávila sabe que el tema de robótica llama mucho la atención, es popular entre los estudiantes y frecuentemente tiene prospectos para hacer alguna estancia. A veces son tantos que debe negarse a aceptar algunas solicitudes; pero este nivel de convocatoria le satisface, pues sabe que no existen muchos lugares en Monterrey donde un estudiante pueda dedicarse al desarrollo de proyectos de robótica. La vinculación con estudiantes podría calificarse *como un éxito*, sin embargo, los recién egresados son en poco tiempo altamente cotizados en el mercado laboral y reciben ofertas de las empresas transnacionales de la región norte del país. Naturalmente, ACS no puede competir con los salarios y prestaciones que ofrecen las grandes firmas, así que muchos jóvenes la dejan después de adquirir conocimientos y experiencia. Con esta *fuga de cerebros*, ACS está propiciando derramas de conocimiento en robótica hacia empresas del norte del país, nacionales y extranjeras.

La presencia de estudiantes es constante y el ingeniero Dávila sabe que el tema de robótica llama mucho la atención, es popular entre los estudiantes y frecuentemente tiene prospectos para hacer alguna estancia.

Un trampolín hacia nuevos mercados

En un entorno competitivo, las empresas deben buscar alternativas para fortalecer su posición en los mercados y al mismo tiempo generar las capacidades que les permiten instalarse en aquellos todavía no dominados. Esto es parte de la historia del proyecto apoyado en 2008 por el Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) de la Secretaría de Economía (SE) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

El ingeniero Dávila sabía desde hacía tiempo que sus robots son competitivos, tienen la calidad suficiente para trabajar largas jornadas, no requieren mucho mantenimiento y en general tienen buen prestigio entre los clientes. Sin embargo, también estaba consciente de que los robots de fabricantes originales tienen un certificado que asegura la calidad del desempeño bajo ciertos parámetros reconocidos por la industria, algo que ACS no era capaz de hacer hasta 2008.

En sus condiciones de pyme, contar con un departamento de pruebas y certificación como lo tienen las grandes firmas no se encontraba entre sus posibilidades. Así que el proyecto denominado “Laboratorio de alta tecnología en robótica” sometido ante el FIT tuvo la finalidad de crear un laboratorio que les permitiera certificar sus robots y que con ello cumplieran con los valores de repetición, temperatura y vibración similares a los que venden los fabricantes originales. El proyecto tuvo una

duración de dieciséis meses para desarrollar todas las fases de simulación, diagnóstico, implementación y entrenamiento que fueron acordadas. Al final, se obtuvo un laboratorio de pruebas, algo con lo que pocas empresas del tamaño de ACS cuentan para impulsar sus nuevos desarrollos.

Desde que el laboratorio está operando, se han extendido sus funciones y ahora también incorpora labores de investigación y desarrollo para nuevos productos de la empresa. El apoyo público permitió dar un salto importante a ACS porque hoy tienen la capacidad de desarrollar un robot para la industria médica, que en el lenguaje del sector se les llama *robots limpios* porque deben operar en condiciones similares a las de un quirófano. En efecto, la empresa está fabricando un robot para un laboratorio de pruebas médicas, el cual se hace cargo de manejar grandes cantidades de muestras de sangre, recibir los tubos en cualquier orden, categorizarlos por sus distintas variedades y ponerlos en una máquina centrífuga.



Celda de automatización con robot para el sector médico.

Una parte del reto de este proyecto ha sido la incorporación de visores de reconocimiento de imagen para detectar en tercera dimensión los tubos —que tienen distintos tamaños y colores—, pues el robot debe poder identificarlos para, por ejemplo, desechar durante el proceso aquellos con alguna falla.

Este proyecto representa la apuesta de ACS para atender otro mercado, ahora en condiciones de mayor exigencia, por el tipo de normas y criterios de calidad con que opera la industria médica. Se trata, pues, de incursionar en nuevas áreas del conocimiento, crear un nuevo tipo de robot, algo que la empresa ha ido aprendiendo a fabricar y que es la base para mantenerse vigente en un sector de alta tecnología. Cada proyecto de robot o de plan de automatización de un proceso productivo exige nuevos diseños, reingeniería de los procesos, incluso el reordenamiento físico y organizacional de la planta.



Los orígenes de la empresa Investigación Aplicada S. A. de C. V. (IASA) se remontan a la granja avícola creada por doña Socorro Romero, en Tehuacán, Puebla, hace cerca de cincuenta años.

Bajo la dirección del doctor Romero, IASA se fundó en 1963, con la intención de dar soporte tecnológico a las demás empresas del Grupo Romero, dedicadas principalmente a la producción avícola.

Tiempo después, y gracias a los apoyos recibidos por parte de la Secretaría de Salud, la Secretaría de Economía y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y al trabajo conjunto con instituciones académicas, laboratorios y centros de investigación, IASA comenzó a dotar de servicios a distintos productores de la región, no solo en lo referente a la avicultura, sino en el sector pecuario.

Actualmente, la empresa se está adentrando en el campo de la salud humana con el desarrollo de una vacuna para la influenza humana.



Capítulo 3 INNOVACIÓN CON HUEVOS: IASA

Tehuacán, Puebla, ha sido testigo de la historia que hace cincuenta años comenzó doña Socorro Romero, cuando decidió establecer una pequeña granja avícola de mil aves, con la intención de producir huevo para la región, y que, con el paso de los años y el esfuerzo de la familia, logró pasar de las mil aves iniciales a casi cien mil en un corto periodo.

Este crecimiento en el número de aves trajo consigo una serie de problemas y nuevas necesidades vinculadas con su tratamiento, cuidado y reproducción, las cuales llevaron a la familia Romero, en 1963, a formar el Grupo Romero: un consorcio de empresas destinadas a brindar apoyo técnico y tecnológico para las granjas avícolas de la familia, que da soporte administrativo a las empresas del grupo.

Las recientes necesidades superaban por mucho las capacidades productivas y tecnológicas instaladas, sin embargo, la familia había decidido no recurrir a servicios externos y aprovechar su propia experiencia y parte de sus conocimientos, los cuales eran básicos en esos momentos. Por ello, decidió encomendar al miembro más *estudiado* de la familia, el doctor Romero —ingeniero químico de profesión con un doctorado y cierta experiencia en el campo—, la formación de la empresa Investigación Aplicada S. A. de C. V. (IASA), que se encargaría de brindar todo el soporte tecnológico que demandaba la nueva etapa de la producción avícola. Pues, según narra el doctor Lucio Decanini, director industrial de IASA: “El crecimiento avícola en la época de auge de la avicultura y porcicultura, en los sesenta y setenta, debido a la tecnificación y a la intensificación de la producción, provocó la necesidad de [crear] nuevos procesos de control, nuevos procedimientos, mejores alimentos, mayor calidad de los insumos y, sobre todo, [de] entender las enfermedades que surgían con la producción masiva de huevo”.

Así, el Grupo Romero, que hoy se llama Grupo de Investigación y Desarrollo Industrial S. A. de C. V. (IDISA), dio lugar a otras empresas como IASA: Incubadora Mexicana S. A. de C. V. (IMSA), Aves Libres de Patógenos Específicos S. A. de C. V. (ALPES) y



Línea de producción IASA.

Nutek S. A. de C. V.¹ A IASA se le asignó la proveeduría de pollita comercial de un día de edad y, actualmente, produce alrededor de diecisiete millones de pollas anuales y huevo fértil comercial. Por su parte, ALPES provee a la industria farmacéutica nacional e internacional el abasto de huevo y embrión libres de patógenos específicos, los cuales son usados como materia prima para el diagnóstico, la investigación y la producción de biológicos.

Sin duda, una de las empresas más exitosas del Grupo es IASA, la cual inició sus actividades en 1963 con la formulación y elaboración de alimentos balanceados, y luego estableció dos laboratorios, uno de análisis bromatológicos y otro para diagnóstico y patología animal, que darían soporte tecnológico a las necesidades de producción del resto de las empresas, y en los que tendría que buscar solución a cierto tipo de enfermedades que estas enfrentaban, debido al aumento de la población avícola. Con el paso del tiempo, sin embargo, IASA comenzó a dotar de servicios a distintos productores de la región, no solo en lo referente a la avicultura: amplió su capacidad de respuesta hacia todo el sector pecuario, gracias a las capacidades tecnológicas que desarrolló en sus laboratorios y a un largo proceso de investigación propia y de monitoreo de los problemas locales, regionales y nacionales.

Todo lo anterior propició la creación y desarrollo de productos biológicos y farmacéuticos que resolvieran las exigencias de las empresas familiares, pero también coadyuvó al establecimiento de pío de cría para la repoblación de aves ponedoras y aves libres de patógenos, como insumo para la producción de biológicos de alta calidad.

La creación de IASA fue una respuesta a la falta de productos y servicios de calidad para la producción avícola, tanto a nivel nacional como internacional. Sin embargo, esto no tardó mucho tiempo en cambiar, pues las empresas transnacionales pronto elevaron la calidad de sus insumos y productos. Situación que enfrentó a las empresas del grupo a una nueva disyuntiva: seguir comprando los servicios y soluciones que brindaba IASA o adquirir las de los laboratorios internacionales, los cuales contaban en ocasiones con mejores productos y precios. Al respecto, el doctor Decanini explica que: “En esa primera etapa, de finales de los años sesenta y hasta los ochenta, funcionó muy bien el esquema de trabajo con el grupo familiar... Pero a partir de los años ochenta, las empresas internacionales mejoraron e implementaron servicios de mejor tecnología, nuevo conocimiento y acrecentaron su competitividad”.

A pesar de que cada una de las empresas del Grupo surgió para brindar distinto tipo de apoyo a la producción avícola, esto no impidió que siguieran su propio cami-

¹ Cabe destacar que cada una de las empresas del Grupo, incluida IASA, han tenido la capacidad de superar sus objetivos y metas iniciales.

no y construyeran historias propias. IASA, por ejemplo, comenzó a brindar a productores de la región servicios relacionados con enfermedades particulares de aves y bovinos, los cuales la obligaron a iniciar un proceso de reorganización y replanteamiento de metas. Así lo afirma Decanini: “Nos planteamos dar servicio a todo el sector pecuario y empezamos con el cambio de misión, visión y valores. Necesitábamos definir cuál era nuestro mercado y qué tipo de productos ofreceríamos”.

Aunque la demanda nunca ha decrecido, la industria avícola y pecuaria del país ha tenido siempre altas y bajas: las empresas agropecuarias han tenido que sortear diferentes obstáculos a lo largo de los años, tanto por las catástrofes naturales y la aparición de enfermedades, como por el incremento en los precios del forraje y otros insumos. Hace quince años, el grupo IDISA tuvo problemas de productividad y ventas, y sus dirigentes se vieron obligados a realizar un balance sobre el contexto y sus capacidades reales de respuesta, ante la apertura del mercado mexicano y la eventual presencia de productos importados de Estados Unidos.

El laboratorio de biología y diagnóstico de IASA nunca dejó de recibir muestras de todo el país para el diagnóstico de diversas enfermedades, y había desarrollado la capacidad para diseñar productos acordes a ellas: ahí se encontraba uno de los principales nichos para el futuro de la empresa. Ejemplo de ello, como cuenta Decanini, fue lo ocurrido en torno a una enfermedad aviar cuyo agente causal no había sido bien identificado: “Los productores recurrieron a nuestro laboratorio, hicimos el aislamiento del virus y encontramos qué era lo que estaba causando la enfermedad. Entonces surgió la necesidad de crear una solución. Primero nos trajeron los hígados de sus pollos muertos, los molimos y empezamos a hacer una especie de autovacuna que a los productores les funcionó muy bien. Ese fue el primer proyecto exitoso que culminó con la producción de una vacuna para la hepatitis por cuerpos de inclusión”.

Debido a que esta enfermedad no era generalizada y solo se presentaba en ciertas partes del mundo, las empresas transnacionales productoras de vacunas para animales no mostraron interés en atenderla. En cambio, como representaba un problema importante para los productores mexicanos, los especialistas de IASA se abocaron a ella y, una vez encontrada la solución, pudieron ofrecerla a los avicultores de zonas donde existía la misma enfermedad.

El éxito del caso cambió el horizonte de IASA: pasó de la producción de alimentos balanceados a ser una empresa dedicada a la producción de biotecnología aplica-

IASA comenzó a brindar a productores de la región servicios relacionados con enfermedades particulares de aves y bovinos, los cuales la obligaron a iniciar un proceso de reorganización y replanteamiento de metas.

ble para la identificación, prevención y solución de problemas en nutrición y salud animal. Esto la llevó a desarrollar herramientas diagnósticas de vanguardia, vacunas

inactivadas por aspersión y vacunas hiperconcentradas, inmunoglobulinas específicas para la prevención y tratamiento de enfermedades en mamíferos y aves, entre otros productos.

IASA es ahora una empresa mexicana del ramo farmacéutico veterinario. Esto significa que logró crear, escalar y acumular capacidades científicas y tecnológicas, que comenzaron por lo más simple y alcanzaron a conformar procesos sumamente complejos, que requieren habilidades de alto valor para el sector, como son la investigación y el desarrollo.

Todo lo anterior ha situado a IASA como la principal empresa mexicana del sector farmacéutico veterinario en el país y como una importante competidora para los grandes laboratorios internacionales, no solo en México, sino en muchos otros mercados del mundo.

Aquí cabe destacar que, desde su fundación —hace más de 45 años—, IASA ha dirigido sus esfuerzos hacia la investigación, con el objetivo de brindar soluciones innovadoras mediante la

generación de productos y servicios para la salud y nutrición animal. Satisfaciendo, en primer lugar, sus necesidades internas y, luego, las del sector avícola de la región para, más tarde, ofrecer soluciones a todo el sector pecuario del estado de Puebla y, poco a poco, a todo el país. Todo esto con la finalidad de dar alternativas diferenciadas encaminadas a identificar, prever, controlar y resolver de manera integral los problemas de salud y nutrición animal que limitan la eficiencia de las explotaciones avícolas, porcinas y ganaderas.

Parte del éxito nacional de la empresa se basa en la atención personalizada que sus especialistas dan a las necesidades de los productores mexicanos; pues debido a que existen casos en los que las enfermedades o padecimientos locales o regionales son muy específicos, los grandes laboratorios no se interesan en resolverlos.

Gracias al esfuerzo continuo en la investigación y desarrollo de productos y servicios farmacéuticos veterinarios, IASA se ha convertido en líder de ventas en segmentos específicos del sector agropecuario nacional y ha logrado posicionarse entre los tres primeros laboratorios nacionales y entre los diez mundiales, respecto de la oferta de soluciones para enfermedades aviares y de otros animales. En la actualidad, ocupa el segundo lugar en el mercado de medicamentos para influenza aviar, el cuarto en el de la enfermedad de Newcastle, el segundo en el de bronquitis

IASA pasó de la producción de alimentos balanceados a ser una empresa dedicada a la producción de biotecnología aplicable para la identificación, prevención y solución de problemas en nutrición y salud animal.

infecciosa y el primero en el de hepatitis. En el mercado porcícola, ocupa el segundo lugar en el de la enfermedad PRRS (síndrome respiratorio y reproductivo porcino), el segundo en el de la enfermedad de Glasser, el tercero en el de pleuroneumonía contagiosa porcina y el primer lugar en el de problemas causados por micotoxinas.

Además, IASA logró colocar en el exterior 60% de su producción, principalmente, gracias a un programa de apoyo para el inicio y la consolidación de exportaciones de la Secretaría de Economía (SE) de Puebla, que le permitió incursionar en la actividad exportadora hacia países como Honduras y Guatemala, y después a Ecuador y Perú.

En consecuencia, tanto la actividad exportadora como todo lo antes mencionado han posibilitado que 90% de los ingresos de la empresa provengan de desarrollos propios.



Línea de producción de vacunas IASA.

La estrategia de gestión tecnológica

Si bien al inicio de sus actividades IASA se dedicó a resolver los problemas que enfrentaba la producción avícola de la empresa familiar, las capacidades científicas y tecnológicas que adquirió con el tiempo le permitieron solucionar problemas regionales y nacionales, no solo vinculados con la avicultura, sino con el sector pecuario en general. Esto debido a que su estrategia de gestión tecnológica se basa en el modelo del Premio Nacional de Tecnología e Innovación (PNT), pero adaptado y modificado de acuerdo con sus propias necesidades, como comenta el doctor Decanini: “Nos encontramos con el diplomado de gestión de tecnología del PNT. Entonces, la Dirección General tomó la decisión de que participáramos en este diplomado y nos dimos cuenta de que la innovación es un motor fundamental para la competitividad. Nos cayó como anillo al dedo: entendimos la importancia de la vigilancia tecnológica y así nos pusimos a trabajar en el desarrollo de nuestro propio modelo, y el primer año que participamos, ganamos el premio”.

Como resultado de lo anterior, IASA formuló una estrategia muy bien planeada que inicia con el proceso de vigilancia tecnológica y del entorno, por lo que se elaboran indicadores estratégicos y de operación. Junto con las actividades de *benchmarking* y alerta tecnológica, entre algunas otras, se hace una oportuna identificación de las necesidades de los clientes, lo que se expresa en *áreas de enfoque*. Estas áreas se logran una vez que se ha detectado alguna problemática importante en las áreas de acción de la empresa, ya sean de salud o de nutrición animal. Generalmente, este proceso involucra un diagnóstico de los agentes causales de desviación de los parámetros productivos o clínicos óptimos de los

animales. El área de ventas y servicios al cliente monitorea los requerimientos, mientras, el departamento técnico especializado en aves, cerdos y bovinos se encarga de dar soporte al productor de manera directa, con el fin de ubicar también áreas de oportunidad en el trato franco con médicos veterinarios y nutriólogos, y generar un proceso constante de monitoreo de laboratorios y evaluaciones clínicas en las granjas.

A pesar de que al principio no le parecían confiables, debido a algunas malas experiencias previas, IASA ha integrado a su estrategia una serie de convenios

de investigación y desarrollo tecnológico con centros de investigación y universidades.

Gracias a los fondos públicos que promueven la relación universidad-empresa, los directivos de IASA se dieron cuenta de que podían beneficiarse de las relaciones establecidas con investigadores de primer nivel, pues estas le permitían acceder a equipos y conocimientos que resultaba muy costoso adquirir. Además, la colaboración con las instituciones permite aprovechar lo ya desarrollado científicamente y posibilita la elaboración de estrategias conjuntas para solucionar problemas científicos y tecnológicos más rápidamente, lo que se convierte en un proceso ventajoso para ambas partes.

Esta situación, a su vez, desencadena otras actividades del modelo, como la planeación tecnológica, en la que, junto con el área encargada de los planes de negocio, se elabora un documento

central que sirve para moderar la gestión de la cartera de proyectos tecnológicos para las siguientes etapas, una vez que se han identificado claramente problemáticas, áreas de oportunidad y viabilidad económica. Finalmente, se elabora un portafolio de productos y servicios innovadores que se comercializan de manera inmediata en el mercado.

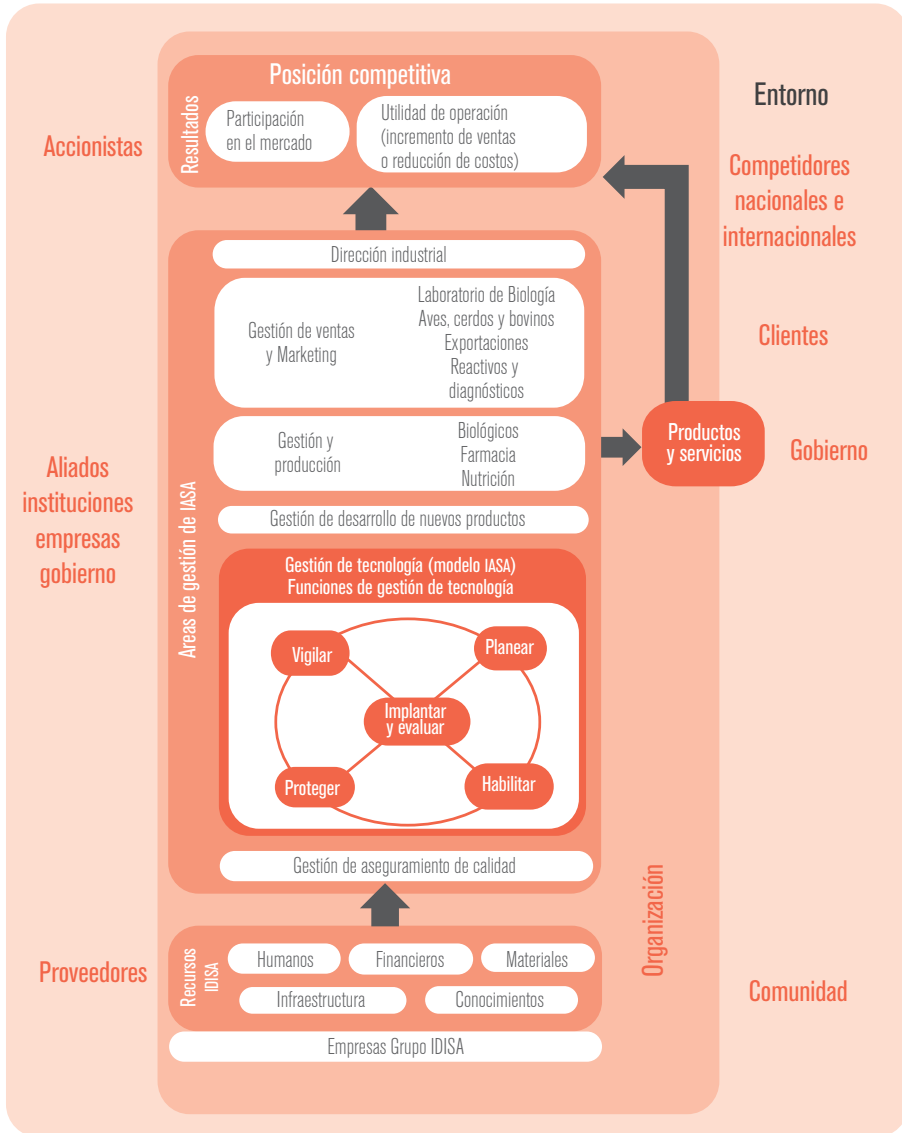
En este punto, cabe mencionar que la implementación del modelo de gestión tecnológica ayudó a IASA a organizar mejor sus actividades en torno al proceso de investigación, desarrollo e innovación, pues aunque parte de dichas actividades ya las realizaba previamente, en la empresa ha prevalecido una cultura de aprendizaje constante que incluye a todas las direcciones y gerencias de las áreas involucradas y las ha llevado a corregir y perfeccionar sus procesos.

Para IASA, resulta fundamental reconocerse como una organización adaptable, arriesgada y, sobre todo, interesada en la generación de innovaciones que resuelvan los problemas que enfrenta el sector pecuario en la región, en el país y en el mundo entero.

La colaboración con las instituciones permite aprovechar lo ya desarrollado científicamente y posibilita la elaboración de estrategias conjuntas para solucionar problemas científicos y tecnológicos más rápidamente.

En el **Esquema 3.1** se ilustra el modelo de gestión tecnológica de la empresa, en el que puede apreciarse su relación con el entorno: clientes, competidores, accionistas, aliados, proveedores y otros.

Esquema 3.1. Integración de la gestión de tecnología IASA



Los beneficios del apoyo gubernamental a la I+D

Sin duda, la capacidad de IASA de generar soluciones innovadoras para el sector farmacéutico veterinario se ha construido a lo largo de los años gracias a la dedicación y al empeño mostrados en la inversión para investigación y desarrollo, y al hecho de haberle apostado a las ventajas que puede representar la innovación, a pesar de los riesgos que implica. Sin embargo, es justo mencionar que esa capacidad se ha visto fortalecida y potencializada gracias a la obtención de diversos fondos otorgados por el gobierno federal y estatal a través de distintas instancias.

En 2004, IASA ingresó la primera solicitud para participar de los fondos de la Secretaría de Economía (SE) y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). Debido a los resultados obtenidos y, sobre todo, después de un proceso de aprendizaje, la empresa decidió seguir elaborando proyectos para solicitar apoyos anualmente, pues su participación se tradujo en diversas experiencias. En este primer proyecto, IASA desarrolló el Supracox, que es un producto para la prevención y control de parasitosis intestinales en aves. Al respecto, el doctor Decanini cuenta: “La verdad, en ese momento no creíamos en los apoyos, pues la leyenda urbana decía que trabajaríamos demasiado en la formulación del proyecto y [los apoyos] solo se otorgaban a investi-

gadores. Pero decidimos participar como prueba y, con sorpresa, obtuvimos el apoyo. Del resultado obtuvimos la primera patente de la empresa, la que, actualmente, estamos ampliando por medio del Tratado de Cooperación en Patentes (PCT) para poder llevarla a más mercados”.

Uno de los aprendizajes de su participación fue la experiencia de involucrarse en vinculaciones universidad-empresa: “CONACYT nos dijo que tendríamos mayor oportunidad y beneficio si establecíamos vinculaciones. Hasta ese momento éramos escépticos, porque los pocos proyectos que habíamos trabajado con algunas universidades habían sido insatisfactorios para nosotros, sobre todo por la irresponsabilidad y la falta de entregables claros”. Sin embargo, gracias a la iniciativa del

director del Centro de Investigaciones en Biotecnología Aplicada de Tlaxcala (CIBA-Tlaxcala) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), quien previamente había establecido comunicación con IASA con el fin de ofrecerle la oportunidad de hallar vetas conjuntas para explotar intereses comunes, fue que IASA decidió participar con él en un proyecto que derivó, entre otras cosas, en la producción de un nuevo medicamento.

Debido a los resultados obtenidos, la empresa decidió seguir elaborando proyectos para solicitar apoyos anualmente, pues su participación se tradujo en diversas experiencias.

El esquema flexible de vinculación que ofrece el IPN representó una ventaja para la empresa y le pareció factible, ya que buscaba justamente que los términos de los contratos y los derechos de propiedad fuesen benéficos para ambas partes. Al respecto, el doctor Decanini comenta satisfecho: “Con el esquema del IPN nos fue muy bien, y esto cambió la visión que teníamos de los beneficios que se pueden obtener de la vinculación. Hoy somos una empresa convencida de la vinculación y, aunque comenzamos de alguna manera un poco forzosa, hoy podemos decir que tenemos muchas vinculaciones nacionales e internacionales que nos han abierto las puertas, ya que nuestras expectativas crecieron: si nosotros no tenemos ciertas capacidades o infraestructura, inmediatamente buscamos con quien poder trabajar”.

La participación de la empresa en proyectos auspiciados por la SE y el CONACYT implicó una vinculación con la academia que hasta el día de hoy ha sido exitosa y que, además, convenció a IASA para establecer más relaciones a nivel nacional con algunos investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del IPN y a nivel internacional con el Departamento de Agricultura de Estados Unidos y la Universidad de Illinois, que, asimismo, ampliaron la colaboración con otras empresas, al comenzar proyectos de investigación con Laboratorios Silanes S. A. de C. V., Lapisa S. A. de C. V. y Boehringer Ingelheim.

La constante participación en los fondos públicos condujo al personal de IASA a implementar una metodología propia con varias etapas, que comprende la revisión de las convocatorias del CONACYT; la elección de algún proyecto que sea viable para someterlo a concurso; el establecimiento de colaboraciones con instituciones educativas; el contacto con algún despacho gestor, y la elaboración de la descripción del proyecto, el plan de negocios y demás requerimientos. Para cada uno de los pasos anteriores, existe un responsable y una serie de actividades por etapa, que han permitido agilizar y aprovechar los beneficios de los fondos.

En lo que concierne al Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) de la SE-CONACYT, IASA sometió a concurso, en 2007, el proyecto denominado Obtención de inmunoglobulinas contra los principales agentes causales de la mastitis² de la yema de huevo y su uso como una herramienta biotecnológica para el control de la mastitis. Con este proyecto la empresa logró el desarrollo de un nuevo producto que se encuentra en proceso de comercialización, el cual da solución a un problema que afecta anualmente a casi tres millones de cabezas de ganado lechero en México: la mastitis. Se trata de una enfermedad que afecta la calidad de los productos lácteos y cuyo tratamiento es muy caro. Esta enfermedad solo puede ser tratada con antibióticos, pero una vez tratadas las vacas, ya no pue-

² Debido a una bacteria, la mastitis provoca la inflamación de la ubre y afecta el suministro de leche.



Proceso de producción IASA.

den ser utilizadas como vacas lecheras, pues el uso de los antimicrobianos³ genera problemas de resistencia.

El desarrollo de un antimicrobiano que no genere resistencia implica fuertes inversiones en I+D, pero IASA descubrió que el uso de la inmunidad pasiva artificial proveniente de las aves (gallinas hiperinmunizadas) puede ser una alternativa viable para el tratamiento de dicha enfermedad, pues al no utilizar químicos, las vacas pueden seguir produciendo leche, a pesar de haber sido tratadas.

Además del desarrollo del producto médico-veterinario, IASA ha solicitado el registro de la patente correspondiente ante la United States Patent and Trademark Office (USPTO) y el Instituto Mexicano de la Propiedad

Industrial (IMPI). Para los dueños de IASA, la existencia de programas públicos de apoyo a la innovación ha sido indispensable no solo por disponer de una parte de los recursos necesarios para la implementación de proyectos de I+D, sino también porque permiten reforzar y consolidar las capacidades tecnológicas de las pymes mexicanas y su permanencia en mercados muy competitivos. Pues como afirma el doctor Decanini: “Sin el fondo de la SE-CONACYT, hubiéramos invertido el doble de tiempo en los desarrollos y, probablemente, la respuesta a los problemas que hemos identificado hubiera llegado tarde al mercado, lo que nos restaría competitividad. Por eso, el apoyo del fit se traduce en un catalizador de resultados”.

Poniendo huevos para el futuro

IASA ha aprovechado su capacidad de I+D y de vigilancia tecnológica para buscar opciones de valor agregado, utilizando la yema de huevo y la gallina como biorreactores. Con gallinas hiperinmunizadas se pueden generar anticuerpos para crear inmunidad a través de los huevos. La gallina transmite directamente sus características al huevo y de una manera no invasiva, de tal modo que las yemas de los huevos que pone son para uso médico veterinario.

Otro ejemplo de las bondades y ventajas tecnológicas del huevo, como se mencionó arriba, se refiere al problema de la mastitis en el sector ganadero, cuya solución proviene del trabajo de monitoreo científico y tecnológico que realiza el personal de IASA y de su búsqueda sobre nuevos usos de los componentes del huevo.

Además del proyecto sobre la mastitis, la empresa participó en la convocatoria 2010 del FIT con el proyecto “Obtención de inmunoglobulinas contra rotavirus humanos en

³ La mastitis representa grandes problemas para productores de leche en Estados Unidos, Rusia, Venezuela e India, entre otros.

yema de huevo”, el cual surgió después de establecer comunicación con Laboratorios Silanes S. A. de C. V. Ambas empresas encontraron puntos de convergencia en el proceso de producción de faboterápicos, pues Silanes desarrolla un proceso en caballos similar el que realiza IASA en gallinas. Las dos empresas coincidieron en plantear un proyecto de anticuerpos contra un factor de crecimiento de cáncer, tanto en ojos de humanos como en tumores sólidos de perros, y otro que tiene que ver con anticuerpos de pollos para rotavirus, útil para casos de pacientes que presentan cuadros agudos de rotavirus. Hasta ahora no existe un antiviral que actué inmediatamente, por lo que el producto que está en desarrollo representaría una alternativa eficaz para atacar el crecimiento del virus y las constantes diarreas, y evitar la muerte.

La empresa también ha solicitado otros recursos, como el del Programa de apoyo a la Innovación Tecnológica de Alto Valor Agregado (INNOVAPYME) del CONACYT. En este caso se trató de un proyecto conjunto con el CIBA-Tlaxcala, que buscó diferentes opciones para usar la clara de huevo y planteó el desarrollo de productos biotecnológicos usando lisozima de clara de huevo como agente antimicrobiano para su comercialización en la industria alimenticia. Esta innovación se encuentra ya en proceso de ser patentada. En el Cuadro 3.1 se ofrecen algunas cifras sobre la producción de huevo en el país, que dan cuenta de la importancia que tienen las investigaciones y proyectos realizados por IASA.



Incubadora IASA.

Cuadro 3.1. Producción de huevo en México

Valor de la producción de huevo para 2011: 35450.159 millones de pesos

Producción de huevo para plato en 2011: 2538137 de toneladas

Principales estados productores de huevo: Jalisco 55%, Puebla 17%, Sonora 8%, resto del país 20%

Fuente: Unión Nacional de Avicultores.

Otro proyecto de búsqueda de soluciones novedosas a base de huevo concursó en 2006 por el Fondo Sectorial del CONACYT y la Secretaría de Salud. Gracias al aprendizaje adquirido sobre influenza aviar, IASA cuenta con la experiencia, el conocimiento y la infraestructura necesarios para desarrollar vacunas contra la influenza en pollos, lo que significa que conoce el sistema y la forma como funciona el virus, además, cuenta con los embriones de pollo para la generación de vacunas. La idea de este nuevo proyecto consiste en desarrollar junto con Laboratorios Silanes una vacuna para la influenza humana.

Finalmente —y esto nos da una idea del camino que podrían seguir los proyectos anteriores—, uno de los primeros proyectos apoyados con fondos públicos fue el

dedicado a la elaboración de una vacuna recombinante polivalente contra variedades mexicanas del virus de la influenza aviar, en el que se utilizó como vector el virus de Newcastle. Este proyecto derivó en el producto Genovax N5, el cual tiene aproximadamente tres años en el mercado y ha logrado posicionarse en todas las zonas avícolas del país. El Genovax N5 ha tenido tanta importancia para la empresa, que en 2011 representó gran parte de sus ventas a nivel nacional. Esto significa que un proyecto realizado con fondos públicos, mediante un proceso de vinculación con el CIBA-Tlaxcala, que implicó la puesta en marcha de sus capacidades científicas y tecnológicas, se ha convertido en una verdadera innovación para IASA y en soluciones para problemas propios de su mercado a nivel nacional e internacional. En el Cuadro 3.2 puede observarse la lista de proyectos I+D que han recibido el apoyo de programas públicos.

Cuadro 3. 2. Proyectos de I+D apoyados por programas públicos

Elaboración de una vacuna recombinante polivalente contra variedades mexicanas del virus de influenza aviar utilizando como vector el virus de Newcastle, Fondo Sectorial de Investigación en Salud y Seguridad Social SSA/IMSS/ISSSTE-CONACYT.

Obtención de inmonoglobulinas contra principales agentes causales de la mastitis obtenidas de la yema de huevo y su uso como una herramienta biotecnológica para el control de la mastitis, Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) Secretaría de Economía-CONACYT, 2007.

Elaboración y evaluación de una vacuna contra la influenza A, Fondo Sectorial de Investigación en Salud y Seguridad Social SSA/IMSS/ISSSTE-CONACYT, en colaboración con Bioclon-Silanes, 2009.

Obtención de inmonoglobulinas contra rotavirus humanos en yema de huevo, Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) Secretaría de Economía-CONACYT, 2010.

Desarrollo de productos biotecnológicos usando lizozima de clara de huevo como agente antimicrobiano para su comercialización en la industria alimenticia, Programa de Apoyo a la Innovación Tecnológica de Alto Valor Agregado (INNOVAPYME) del CONACYT, 2010.

El futuro de IASA se vislumbra próspero, pues si bien hasta ahora ha logrado posicionarse como la más importante empresa en el ramo de la salud veterinaria en el sector pecuario, el escalamiento y la convergencia de capacidades, tanto con instituciones públicas como con otras empresas, la han llevado a encaminarse en la senda de la salud humana, la cual representa nuevos retos y oportunidades, como afirma el doctor Decanini: “Para el futuro queremos seguir generando soluciones en el campo de la salud veterinaria y también ver si algo de lo que aprendimos se puede aplicar al campo de la salud humana, donde al igual que en el sector en que estamos, la principal motivación es entender una problemática y ser partícipes de la solución”. Sin dejar de lado sus actividades de I+D en el sector pecuario, la empresa pretende ampliar sus mercados a partir de la base tecnológica que ha construido a lo largo de 45 años.

IASA es el claro ejemplo de una empresa que ha conjuntado el desarrollo de capacidades empresariales con el desarrollo tecnológico; es una empresa que ha seguido una larga trayectoria de aprendizaje y cuyo principal incentivo para innovar ha sido dar solución a los problemas de salud animal, primero de las granjas del grupo empresarial y, posteriormente, de las de todo el país.



Prefixa Vision Systems S. A de C. V. —empresa innovadora mexicana del sector eléctrico electrónico, dedicada al ramo de la óptica— fue fundada en 2006 con el fin de proveer soluciones avanzadas de inspección industrial en 3D a nivel mundial. El doctor Miguel Arias, su dueño y fundador, junto con un grupo de investigadores e ingenieros, han desarrollado el proyecto “Orbiter3D-360: una cámara de inspección para la industria automotriz y dispositivos médicos”, que permite recuperar de manera rápida, precisa y práctica imágenes 3D.

Actualmente, la empresa cuenta con veinte empleados y tiene dos sedes: una en la ciudad de Puebla, Puebla, en México, y otra en San José, California, Estados Unidos. Además, trabaja en diversos desarrollos tecnológicos relacionados con el diseño de *software* y *hardware* para el procesamiento de imágenes tridimensionales y colabora en diversas redes tecnológicas con empresas, institutos de investigación y universidades. Sus productos pueden encontrarse en <http://www.prefixa.com/sp/index.php>



Capítulo 4 PREFIXA: DE LA BECA AL BUSINESS

Llegamos al lugar de la entrevista con la fascinación habitual de conocer nuevos procesos productivos, maquinaria o herramientas novedosas. Al ingresar a la compañía, nuestras perspectivas iniciales fueron transformándose paulatinamente hasta convertirse en curiosidad expectante. Mientras esperábamos al socio fundador de la empresa, observamos el entorno: una sola área abierta sin separación espacial (excepto por una pequeña sala de juntas); escritorios equipados con lo que nos parecieron poderosos equipos de cómputo; personas de apariencia relajada, absortas en un diálogo virtual con sus máquinas; aparatos electrónicos situados en distintos lugares: unos conectados a las computadoras, otros desarmados meticulosamente, algunos más esperando su turno para ser transformados... Estaba claro que nos encontrábamos en una empresa diferente de las que solíamos visitar.

En ese momento, resultaba imposible no recordar relatos sobre el origen de algunas de las más grandes empresas electrónicas: pequeños grupos de emprendedores que usan el *garage* familiar como laboratorio, y su ímpetu y conocimientos como principales insumos.¹ En el caso de Prefixa, el *garage* era un poco más grande de lo habitual y mucho más ordenado, sin embargo, la idea seguía siendo la misma: un grupo de personas que con pocas herramientas echa a volar la imaginación y genera productos revolu-

¹ La industria electrónica es considerada como una de las más dinámicas en el mundo, por la constante incorporación de innovaciones y por el valor agregado y los beneficios económicos que genera. Es un sector que provee de equipos e insumos de diferentes características a empresas de otras ramas industriales. Es una industria que ha venido creciendo en México durante las últimas dos décadas, debido, principalmente, a la instalación de plantas que fabrican equipo de cómputo, aparatos electrónicos de audio y video, y a la llegada de nuevas plantas ensambladoras de automóviles que incrementaron la demanda de insumos electrónicos. Las principales actividades de esta industria se relacionan con dispositivos electrónicos de consumo, computadoras y sus periféricos, y equipos de telecomunicaciones. Recientemente, la electrónica industrial y el equipo médico han aumentado su participación en el sector. La mayor parte de las empresas pertenecientes al sector se ubican en los estados fronterizos del norte, y en la zona del bajo y centro del país, y son, aproximadamente, treinta. Algunas de ellas son filiales de empresas transnacionales, proveedoras de insumos de plantas hermanas ubicadas en otros países; otras son empresas de capital nacional proveedoras de insumos y equipo para el mercado nacional.

cionarios. Pero ¿es posible generar empresas de este tipo en México? Sí; al conocer y entrevistar a Miguel Arias, principal socio y cabeza innovadora de la empresa, nuestras dudas se disiparon: estábamos asistiendo a una experiencia empresarial en la que el conocimiento incorporado al capital humano es el principal insumo para innovar.

Al finalizar la entrevista, salimos con la convicción de que Prefixa es una empresa innovadora mexicana que ha sabido aprovechar el capital intelectual nacional para desarrollar productos tecnológicos propios, guiada por la iniciativa, liderazgo y espíritu innovador de su dueño y fundador. Asimismo, ha logrado consolidar nuevas oportunidades de negocios en los sectores electrónico y de *software*, ofreciendo productos innovadores a clientes mexicanos y manteniendo una capacidad importante de expansión en el extranjero.

La importancia del espíritu emprendedor

Actualmente, Prefixa es una empresa que trabaja en diversos desarrollos tecnológicos relacionados con el diseño de *software* y *hardware* para el procesamiento de imágenes tridimensionales, tiene al menos tres solicitudes de patentes en México y Estados Unidos, y colabora en diversas redes tecnológicas con empresas, institutos de investigación y universidades nacionales y extranjeras.

Un factor fundamental para el éxito de las empresas tecnológicas es la perseverancia.

¿Cuál ha sido la clave del éxito? Miguel Arias, socio principal de Prefixa, responde contundente: “Un factor fundamental para el éxito de las empresas tecnológicas es la perseverancia”.

Instalados en su oficina, que apenas se distingue del resto de lugares de trabajo por no tener las típicas barreras físicas que expresan mayor importancia o jerarquía, Miguel Arias nos confiesa: “La mayoría de empresarios mexicanos con buenas ideas y ganas de innovar abandonan sus metas ante los problemas que enfrentan en la constitución de sus negocios; pero deben tener presente que incluso las grandes empresas tecnológicas han tardado cinco o seis años en triunfar”.

En empresas como Prefixa, que son tipo *startup*, con un alto contenido de capital intelectual, el espíritu emprendedor de sus fundadores resulta crucial. Miguel Arias no solo estuvo dispuesto a sacrificar beneficios económicos inmediatos por un mayor beneficio personal y material en el mediano y en el largo plazo, sino que se ha mantenido firme en su idea de que lo que genera progreso material y desarrollo económico es la innovación.²

² La innovación en la industria electrónica está enfocada principalmente a la concepción, diseño, ingeniería y fabricación de dispositivos y equipos especializados, muchos de ellos bajo pedido del cliente. Por ello, las empresas del sector suelen emplear personal altamente calificado (ingenieros y técnicos).

Una profunda convicción personal lo conduce a afirmar que “la innovación y el diseño es lo que le confiere valor agregado a los productos”. Para él, la superación de los obstáculos iniciales es el oficio principal del empresario, quien debe permanecer firme ante las adversidades.

¿De dónde surge su espíritu emprendedor? Miguel Arias nos comunica una parte de su historia personal: “Desde la licenciatura en Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, en la Universidad de Guanajuato (UG), sentí la necesidad de crear cosas nuevas y encontrar soluciones innovadoras a problemas relacionados con la tecnología”. Posteriormente, esta disposición a la innovación se acentuó con sus estudios de maestría en Ingeniería en Instrumentación y Sistemas Digitales, en la misma universidad.

En los años noventa, su vocación inventiva lo llevó a conformar su primera empresa con algunos compañeros de la universidad, pero esa experiencia fracasó porque, según afirma: “No realizamos todas las acciones necesarias para mantenerla, ese conocimiento no se adquiere en la escuela; las escuelas mexicanas de ingeniería difícilmente preparan a los estudiantes para enfrentar los problemas de los negocios en el mundo real”.

Después de sus estudios de maestría, Miguel Arias cursó un doctorado en el Laboratorio de Visión y Sistemas Digitales de la Universidad Laval en Quebec, Canadá, gracias a una beca del CONACYT que cubrió tres años de sus estudios. Al terminar, se incorporó como profesor investigador al Laboratorio de Visión y Sistemas Digitales de la Universidad Laval, donde estuvo dos años. A partir de esta experiencia académica en el extranjero, su inclinación por la innovación se acentuó a tal grado que determinó en gran medida los caminos que trazaría en su vida futura, no solo por los conocimientos adquiridos y perfeccionados, sino también por la experiencia de vida que significó para él conocer a otras personas con iniciativa innovadora, con las cuales comenzó a conformar redes de colaboración.

En Canadá, “donde existe toda una infraestructura institucional de soporte y apoyo para los negocios innovadores y el desarrollo de nuevas tecnologías”, cuenta Arias que conoció algunos casos de personas con ideas originales y muchas ganas de desarrollarlas, que incluso dejaban sus trabajos para dedicarse de tiempo completo al impulso de su proyecto. Esas experiencias marcaron gran parte de sus aspiraciones y perspectivas futuras, por lo que desde entonces pensó que “en México es posible replicar esa conducta innovadora para poder afrontar los riesgos con determinación y lograr impulsar el progreso tecnológico de nuestro país”.

“Las escuelas mexicanas de ingeniería difícilmente preparan a los estudiantes para enfrentar los problemas de los negocios en el mundo real”.

A su regreso a México, en 1998, se incorporó al Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) de Puebla, donde realizó diversas investigaciones relacionadas con arquitecturas para la visión por computadoras y óptica. ¿Por qué salir del ámbito académico y arriesgarse en una actividad tan incierta como la conformación de una empresa tecnológica? Arias responde: “Aunque los estímulos que ofrecen las universidades para hacer carrera académica resultan interesantes para mucha gente, para mí no era suficiente ser simplemente un investigador instalado en el confort de una institución académica; ¡necesitaba un reto mayor! ¡Yo quería fundar mi propia compañía tecnológica en México!”. Su espíritu emprendedor lo impulsó a dejar la academia, pero solo parcialmente (sigue siendo profesor del INAOE), para dedicarse al desarrollo de su propia empresa de tecnología.



Instalaciones de Prefixa S. A. de C. V. en Puebla.

Uno de los impulsos fundamentales para el éxito de Prefixa fue el contacto que mantuvo con TechBA, programa de la Secretaría de Economía (SE) operado por la Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia (FUMEC), cuya meta principal es ofrecer servicios especializados de consultoría para *acelerar* negocios innovadores o con ventaja competitiva en el mercado internacional, principalmente, en Estados Unidos, Canadá y España. Narra Arias: “TechBA fue un apoyo indispensable para que Prefixa entrara al mercado estadounidense y contactara a los primeros clientes internacionales”. De este modo, mediante este apoyo gubernamental y los contactos que Miguel Arias había hecho durante su estancia en el extranjero, Prefixa

comenzó a relacionarse con empresas de Silicon Valley en Estados Unidos y de otras partes del mundo.

Desde entonces, la estrategia de la empresa ha sido buscar la diversificación de clientes mexicanos y extranjeros, ofreciendo productos tecnológicos de diseño propio, tanto en aplicaciones electrónicas relacionadas con la obtención y uso de imágenes tridimensionales como en el *software* necesario para procesarlas, mediante la consolidación de alianzas estratégicas con empresas y centros de investigación nacionales e internacionales.

El arduo camino hacia el éxito

Prefixa inició labores en 2006 por iniciativa de dos jóvenes emprendedores mexicanos. “La idea básica era formar una empresa tipo *startup* que ofreciera productos tecnológicos. Se pretendía conjuntar nuestros conocimientos tecnológicos para ofrecer productos con alto valor agregado, adquiriendo algunas de las técnicas de negocios que aprendimos en nuestras experiencias en el programa TechBA Silicon Valley”, dice Miguel Arias. Así fue como tuvo contacto con configuraciones de negocios muy particulares, basadas en estructuras internas descentralizadas, con jerarquías horizontales, que facilitan el trabajo en equipo y el desarrollo de productos intensivos en conocimiento.

¿Qué oportunidad existe de incursionar en un sector tecnológico aún incipiente en México, como es el de desarrollo de *software* y aplicaciones electrónicas relacionadas? Una de las características fundamentales de este tipo de sectores es que no requieren gran cantidad de capital económico para iniciar operaciones. En cuanto al capital físico, basta con equipos de cómputo con una capacidad apenas superior al estándar comercial. Al respecto, Miguel Arias comenta: “En realidad, el principal activo de este tipo de compañías radica en las capacidades innovadoras de su capital humano”. Arias asegura que los miembros fundadores de Prefixa no tienen ninguna desventaja frente a los competidores potenciales: “Por el contrario, tenemos la certeza de que nuestros conocimientos pueden escalar hasta los estándares más elevados de competitividad internacional”.

Se podrá pensar, no obstante, que una de las condiciones fundamentales para que este tipo de empresas funcione es el enclave intensivo en conocimiento, focalizado en determinadas regiones geográficas, como el Silicon Valley. Sin embargo, esto no fue necesario para Prefixa; la experiencia de algunos de sus miembros los condujo a imaginar un escenario propicio para consolidar redes de colaboración tecnológica in-

El principal activo de este tipo de compañías radica en las capacidades innovadoras de su capital humano.

ternacional, sin importar la zona geográfica donde se asentara la empresa. El reto, en todo caso, era aprovechar las relaciones para situarse como un nodo externo de una red de desarrollo tecnológico internacional, constituyéndose al mismo tiempo como un nodo interno que comenzara a abrir brechas en el mercado nacional.

Empero, establecer una empresa de alta tecnología implica no solo poseer el conocimiento necesario y las redes de colaboración, sino adquirir las capacidades para llevar a cabo la gestión interna del negocio y para adaptarse a las necesidades del mercado en el que se compete. Capacidades que en su mayoría solo pueden obtenerse por medio de la experiencia, tal como lo comprendió Miguel Arias al convertirse en un empresario innovador: “Prefixa comenzó a trabajar con una sola idea de producto y un solo proyecto, pero nuestra intención era ofrecer desarrollos tecnológicos complejos”. Arias comprendió rápidamente que algunos de los problemas que enfrentan las empresas tecnológicas inicialmente son siempre los mismos: ¿a quién vender sus productos?, ¿cómo darse a conocer?, ¿en qué mercados? Así que una vez que se tienen las ideas y los productos potenciales, el desafío principal es conseguir clientes y mantenerlos, al mismo tiempo que diversificar la cartera de productos y las relaciones en el mercado.

El comienzo resultó difícil, ya que aunque Prefixa logró cierto nivel de ganancias, las expectativas sobre el potencial del negocio eran muy altas. Además, a pesar de haber ganado algunos clientes nacionales y extranjeros, la crisis económica mundial de 2010 complicó sus finanzas, debido a los vínculos que la compañía mantenía, desde sus inicios, con empresas y clientes relacionados con el Silicon Valley.

Los logros de Prefixa



Cámara 3D Prefixa S. A. de C. V.

Actualmente, Prefixa es una compañía que ofrece productos relacionados con la obtención de imágenes tridimensionales. Sus principales productos son cámaras 3D capaces de capturar información que permite medir superficies e inspeccionar la calidad y modelado de diversos componentes. Estas cámaras tienen múltiples aplicaciones industriales, como la inspección y modelado tridimensional de dispositivos médicos, circuitos electrónicos, diversos componentes de varios materiales plásticos o metálicos, etcétera. Por poner un ejemplo, las cámaras 3D pueden sustituir procesos de revisión de calidad de componentes que, por sus medidas, características o complejidad, generalmente se

realizan mediante contacto visual, lo que los hace tardados y falibles; estas cámaras son capaces de realizar el mismo proceso de manera mucho más rápida y eficiente. Además, los diseños de estos productos son propios y se encuentran en proceso de patentamiento en varios países.

Su producto más reciente es una cámara 3D con capacidad para obtener imágenes tridimensionales de objetos microscópicos, y se encuentra diseñando una nueva generación de cámaras tridimensionales, y una cámara digital para aplicaciones industriales. Mantiene, asimismo, diversos proyectos con clientes específicos para desarrollar tecnología, proporcionándoles soluciones a la medida de sus necesidades particulares.

Además de la creación de los componentes electrónicos mencionados, Prefixa se ha dedicado al desarrollo de *software* especializado y de diversos algoritmos para la obtención y manipulación de imágenes tridimensionales. En este sentido, ha desarrollado capacidades para la modelación tridimensional por computadora, con usos potenciales en la creación y diseño de múltiples componentes complejos para diversas industrias. Igualmente, ha logrado el desarrollo de algoritmos propios capaces de acelerar aplicaciones electrónicas que potencializan sus funciones.

La creación de una de las cámaras 3D que ha desarrollado la empresa y del *software* para el procesamiento de las imágenes fue apoyada por el Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en 2008. La empresa utilizó los fondos como una manera de financiar parte del desarrollo de una innovación, originalmente diseñada para la inspección de productos en la industria automotriz y la industria médica. Este nuevo producto se planteó con tecnología propia: fue equipado con una cámara 3D mejorada y una plataforma de posicionamiento capaz de rotar el objeto, que brinda la oportunidad de tomar imágenes tridimensionales de trescientos sesenta grados. El dispositivo electrónico se acompaña de un *software* de postanálisis dimensional, que permite a los usuarios finales conocer la calidad de sus productos y ejecutar variaciones que los ayuden a mejorar el diseño y la calidad.

El apoyo recibido por el FIT posibilitó el aceleramiento de los procesos de innovación de manera considerable y propició la creación de un producto que pudo ser mostrado a los clientes años antes de lo que hubiera podido hacerse con los recursos de la propia empresa; hecho que repercutió favorablemente en la adquisición de clientes y mayores ingresos.

En este punto cabe destacar el papel que tienen los recursos públicos en el apoyo a la innovación de empresas de nueva conformación, ya que, como ocurrió con Prefixa,

El apoyo recibido por el FIT posibilitó el aceleramiento de los procesos de innovación de manera considerable y propició la creación de un producto que pudo ser mostrado a los clientes

permiten que la empresa redoble sus esfuerzos para innovar, acortando el tiempo de desarrollo de nuevos productos y de aplicación de tecnologías propias. En estos casos, los recursos públicos se convierten en verdaderos catalizadores para la práctica innovadora.

Otro de los logros importantes de la empresa es la vinculación estratégica con otras empresas y centros de investigación nacionales y extranjeros que le permiten crecer tecnológicamente. Entre ellos destacan TechBA, con el cual siguen manteniendo lazos de colaboración en un nivel más avanzado y empresas de Silicon Valley, Estados Unidos —como Electroglas, Inc., y DTI, Inc.—, y de otros países —como Rapidform (Corea del Sur)—. Al mismo tiempo, ha establecido o consolidado vínculos con organizaciones académicas y de investigación como el INAOE, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) o el Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT), con las que Miguel Arias participa en diversos proyectos de investigación y como asesor de alumnos de posgrado.

El mercado

La electrónica computacional se encuentra íntimamente relacionada con las tecnologías emergentes, como la biotecnología y la nanotecnología, que prometen revolucionar nuevamente al mundo.

Si bien la oleada de innovaciones relacionadas con la electrónica y sus aplicaciones computacionales se originó aproximadamente hace cuarenta años, durante la irrupción del microprocesador y las telecomunicaciones, hoy siguen existiendo áreas importantes de negocios en nichos específicos, como es el caso de la obtención y procesamiento de imágenes tridimensionales. De acuerdo con Miguel Arias: “Este es un nicho de oportunidad insuficientemente explorado en el mundo, por lo que existe la posibilidad de generar desarrollos nacionales con competitividad internacional”.³

Por otra parte, aunque las tecnologías relacionadas con la electrónica parecen antiguas y las oportunidades de innovación, lejanas, Miguel Arias piensa que, en la actualidad, la electrónica computacional se encuentra íntimamente relacionada con las tecnologías emergentes, como la biotecnología y la nanotecnología, que prometen revolucionar nuevamente al mundo. Por ello, desarrollar capacidades en esta área

³ Las innovaciones que ocurren en la industria electrónica tienen un efecto multiplicador en otras ramas industriales, ya que permiten hacer más eficientes los procesos productivos, como en el caso de los dispositivos de control y automatización, o mejorar las características de los productos, como, por ejemplo, automóviles con dispositivos más seguros y confiables; o bien pueden resolver problemas tecnológicos y de interface entre equipos y aplicaciones de una amplia gama de procesos productivos, desde el alimentario o el farmacéutico, pasando por la producción de energía, y hasta el diagnóstico de enfermedades.

potencia las opciones de inserción en la nueva oleada tecnológica. En nuestros días, no es imposible realizar investigación relacionada con nano o biotecnología sin el uso de las computadoras y sus diversos componentes electrónicos, por lo que se espera que el núcleo dinamizador de la siguiente revolución tecnológica sea una mezcla de microprocesadores con nano y biotecnología. Así pues, la posibilidad de expansión y competitividad de las industrias mexicanas transita por el desarrollo o utilización de aplicaciones computacionales.

Existen grandes compañías trasnacionales que acaparan segmentos importantes de la producción electrónica y de *software* a nivel mundial. Estas desarrollan gran parte de los procesos de innovación en sus plantas matrices y realizan otras actividades de menor valor agregado en regiones geográficas distintas, mediante plantas subsidiarias. En México, la mayor parte del sector de productos electrónicos y de *software* se desarrolla precisamente en este tipo de empresas filiales, por lo que el margen para la innovación y desarrollo de nuevos productos es limitado.

A pesar de ello, existen opciones de desarrollo tecnológico en segmentos específicos de producción. La generación de nuevas aplicaciones genéricas o de soluciones tecnológicas a la medida, representa oportunidades importantes para la expansión de este sector en México. Las características productivas y organizacionales del sector proporcionan ventajas características irrepetibles en otros sectores. Una de ellas es que no se requiere un capital inicial cuantioso para el desarrollo o mejora de algunas aplicaciones computacionales. Además, la organización horizontal de la mayoría de este tipo de empresas facilita el desarrollo de nuevas ideas, mediante el trabajo en equipo y la colaboración intensiva de sus miembros, y evita la rigidez burocrática de muchas empresas grandes. Dos o tres personas son suficientes para comenzar un negocio de estas características y una idea innovadora puede surgir en cualquier momento.

Sin embargo, según Miguel Arias, no existen muchas empresas de alta tecnología en México, debido a varios factores: en primer lugar, a la falta de iniciativa de muchos empresarios que prefieren invertir en negocios tradicionales; en segundo, a que no existen redes de innovadores en este sector que compartan experiencia o conocimientos en México y que, de alguna manera, apoyen el surgimiento de nuevas empresas; un tercer factor apunta a la falta de demanda por parte del sector industrial mexicano, el cual, en el mejor de los casos,

Prefixa se esfuerza por convencer a los empresarios nacionales de que invertir en recursos tecnológicos los beneficiará en el mediano y largo plazo, pues hará más eficientes sus procesos productivos y más competitivos sus productos.

importa insumos tecnológicos, pues la mayoría prefiere mantener la operación de sus plantas con equipo obsoleto. Las empresas que ofrecen *software* a la medida pueden, por ejemplo, coadyuvar a la modernización paulatina del aparato industrial nacional y a mejorar la competitividad de las pymes. En este sentido, Prefixa se esfuerza por convencer a los empresarios nacionales de que invertir en recursos tecnológicos los beneficiará en el mediano y largo plazo, pues hará más eficientes sus procesos productivos y más competitivos sus productos.

Dadas las características del mercado nacional, una de las funciones más importantes del empresario innovador en este sector es la movilidad. Un ejemplo claro es el propio Miguel Arias, quien afirma que ha conseguido a muchos de sus clientes por medio del *networking*, es decir, relacionándose de manera formal e informal con varias personas del sector, viajando profusamente al extranjero, conociendo a otros empre-

sarios afines con los que puede haber complementariedad, difundiendo su trabajo en exposiciones industriales y tecnológicas, escribiendo artículos, etcétera. Por tal motivo, abrir brecha y formar un mercado nacional de alta tecnología exige mucha iniciativa por parte de los empresarios mexicanos que deciden adentrarse en el terreno de la innovación, en un sector aún incipiente pero muy competitivo a nivel mundial.

La importancia del capital humano

A pesar de que en México el desarrollo innovador es todavía limitado en la generación de *software* y aplicaciones tecnológicas, tenemos quizá, a juicio de Miguel Arias, la mayor ventaja para el impulso de esta industria: un cúmulo importante de capital humano. Una de las grandes motivaciones profundas de Miguel Arias es “crear y mantener una empresa de alta tecnología en México para aprovechar el gran potencial innovador que existe en las capacidades intelectuales de los recursos humanos formados en las universidades y posgrados del país”.

Para el empresario mexicano existe un superávit de capital humano en el país con capacidad suficiente para ser competitivo a nivel internacional en la generación de nuevas tecnologías, pero comenta que el problema es la oferta de oportunidades: “Salen al mercado de trabajo y solo encuentran chamba en las grandes filiales de corporaciones extranjeras que no realizan innovación

Una de las grandes motivaciones profundas de Miguel Arias es “crear y mantener una empresa de alta tecnología en México para aprovechar el gran potencial innovador que existe en las capacidades intelectuales de los recursos humanos formados en las universidades y posgrados del país”.

en el país. Estamos desperdiciando esos recursos que laboran en empresas maquiladoras; y algunos encuentran mejores trabajos en empresas ubicadas en Estados Unidos”.

El doctor Arias está convencido de que las grandes empresas asentadas en México solo copian tecnología o generan productos de bajo valor agregado, por lo que el reto es aprovechar el potencial intelectual y generar innovaciones en el país. La convicción que manifiesta sobre la calidad del capital humano nacional lo ha llevado a crear un grupo de trabajo sólido y competente, conformado por estudiantes de posgrado, egresados de diversas universidades mexicanas, especialistas en algún área de aplicación tecnológica de la empresa. Para nuestro interlocutor, el valor de la empresa radica en la gente: “La ventaja de estar en México es que hay gente brillante, solo es cuestión de buscarla y darle las herramientas adecuadas”. Como prueba de ello, afirma que muchos jóvenes mexicanos encuentran trabajo en empresas importantes de Silicon Valley.

En Prefixa laboran alrededor de quince personas, con un marcado perfil tecnológico, y otras cinco que sirven de apoyo en diversas tareas. Son egresados de instituciones nacionales como la UAP, la UG o el INAOE. Una de las formas de reclutamiento es la vinculación directa que la empresa mantiene con estas instituciones de educación superior, mediante la participación en proyectos académicos o la creación de estancias de investigación: “En Prefixa, los jóvenes egresados de universidades nacionales no solo tienen la oportunidad de aplicar y expandir los conocimientos adquiridos en sus posgrados, sino que, además, adquieren nuevos conocimientos y capacidades relacionados con las nuevas tecnologías que desarrolló la empresa, y habilidades como el trabajo en equipo, de manera estructurada y sistemática, así como el espíritu emprendedor que permea en la organización”.

Como se ha dicho, la empresa ha implementado una estructura organizacional similar a la de algunas empresas de Silicon Valley, asumiendo relaciones horizontales que facilitan el diálogo y las soluciones compartidas. En Prefixa, los jóvenes que se integran tienen la oportunidad de aprender de los miembros más experimentados y compartir sus propias ideas. El mismo Arias confiesa que él se encuentra disponible todo el tiempo para conversar sobre cualquier tema con sus colaboradores internos y transmitirles, de esta manera, sus conocimientos.

Esta importante labor de difusión del conocimiento no se limita al personal interno de la empresa, ya que Prefixa mantiene redes de colaboración con otras empresas que han empezado o quieren empezar a realizar negocios de alta tecnología en México, a las que ofrece un activo fundamental: su experiencia. Miguel Arias se encarga también de brindar asesorías informales a cono-

La empresa ha implementado una estructura organizacional asumiendo relaciones horizontales que facilitan el diálogo y las soluciones compartidas.

cidos que quieren incursionar en este complicado mercado, ayudándoles a recortar pasos y procedimientos, y transmitiendo la experiencia de sus errores para que, de esta forma, esas empresas puedan lograr más rápido sus metas.

Arias mantiene una meta firme en el mediano plazo: crear una red en México en la que converjan los esfuerzos de empresarios, tecnólogos, jóvenes innovadores y organismos gubernamentales.

El reto actual de la empresa es seguir incorporando proyectos y alianzas estratégicas hasta alcanzar un tamaño óptimo de alrededor de cincuenta trabajadores del conocimiento. Con ello, se pretende incrementar considerablemente la oferta de productos y servicios tecnológicos, así como mejorar la sinergia interna para el desarrollo potencial de nuevas ideas innovadoras.

¿Hacia un Silicon Valley en México?

Fiel a su espíritu emprendedor, Miguel Arias mantiene una meta firme en el mediano plazo: crear una red en México en la que converjan los esfuerzos de empresarios, tecnólogos, jóvenes innovadores y organismos gubernamentales para que, en el futuro, pueda convertirse en un enclave tecnológico de competencia mundial, que fomente el progreso y desarrollo del país. Una red en la que se diversifiquen y agilicen

los apoyos gubernamentales a la innovación y donde también los empresarios generen sus propios recursos, otorgando becas e incentivos a los jóvenes egresados de las universidades y transmitiendo su experiencia y conocimientos a otras empresas.

Mientras eso ocurre, el doctor Arias concentra sus esfuerzos innovadores en Prefixa. Desde ahí —al mismo tiempo que diseña e implementa nuevas tecnologías—, contribuye con esta meta, al emplear y capacitar a algunos de los estudiantes mexicanos con gran potencial cognitivo; al apoyar a otros jóvenes emprendedores en su tránsito hacia la innovación, y convenciendo a diversos empresarios del país para que generen demanda de productos tecnológicos.

¿Qué se requiere para lograr que un negocio de alta tecnología funcione en México? Además de conocimiento sobre la tecnología y una gran perseverancia, Miguel Arias responde que es necesario conocer el mercado: “Saber cuáles son los desarrollos tecnológicos que el mercado nacional potencialmente demandaría y pagaría. Muchas veces, no se trata de hacer algo completamente nuevo, sino de encontrar algún nicho de mercado. Existen muchas oportunidades allá afuera: hay más oportunidades que gente buscándolas”.

El caso de Prefixa muestra, en efecto, que hay oportunidades al alcance de jóvenes mexicanos con talento y espíritu emprendedor, tanto en el mercado nacional como en el de exportación. Sin lugar a dudas, el espíritu emprendedor es uno de los activos

más valiosos con que puede contar una sociedad; es, en palabras de Miguel Arias: “La experiencia de vida que implica el enfrentar un verdadero reto”. Empero, para aprovechar esas oportunidades, queda claro que se requiere apostarle a la innovación hoy más que nunca.

En el Cuadro 4.1 pueden observarse algunas estadísticas del subsector al que pertenece Prefixa.

Cuadro 4.1. Estadísticas del subsector de fabricación de equipo de cómputo, comunicación, medición y otros equipos componentes y accesorios electrónicos

| Rubro | Total |
|---------------------------------|----------|
| Número de establecimientos | 53 |
| Personal ocupado | 14721 |
| Producción bruta total* | 23633160 |
| Valor agregado bruto total* | 5886034 |
| Inversión bruta total* | 92850 |
| Ventas de productos elaborados* | 23219864 |

*millones de pesos

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2011.



El nacimiento de Nekutli S. A. de C. V. como iniciativa de negocio para explotar los cultivos de agave en aplicaciones alternativas a la producción de tequila fue un acontecimiento que implicó la coincidencia de un conjunto de necesidades atendidas y oportunidades aprovechadas. Una de ellas fue el proyecto sometido a la convocatoria del Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) en 2007.

El caso de Nekutli nos muestra la importancia que ha tenido la investigación y el desarrollo en el campo de la biotecnología para encontrar nuevas oportunidades y usos comerciales de un producto agrícola endémico de gran tradición, ligado a las raíces culturales de nuestro país, como es el agave. Esta es la historia de una empresa que aprendió a innovar incursionando en el desarrollo de productos funcionales basados en biotecnología y que, gracias al apoyo recibido por el Fondo mencionado, ha logrado construir capacidades de I+D que apoyan su corta pero exitosa trayectoria.



Capítulo 5 **NEKUTLI Y LOS NUEVOS DERIVADOS DEL AGAVE**

El agave es una planta milenaria que de múltiples formas contagia de tradición nuestros sentidos, al brindarnos el tequila, esa bebida de arraigo e identidad nacionales que resuena a mariachi en una mezcla sensitiva con sabor a México, y que evoca un paisaje matizado de azul verdoso y nos remonta a los orígenes de una cultura que continúa viva. El agave bondadoso nos endulza la vida, pero nos otorga mucho más que su líquida savia: la tomamos fermentada y destilada diciendo *salud*, sin saber que también contribuye a conservarla...

El tequila no es la mejor opción

Los productores agrícolas del municipio de Cuquío, situado en la zona central de Jalisco, no fueron ajenos al auge de precios del agave registrado al inicio del milenio. Debido a las condiciones de precio del *Agave tequilana* Weber, que alcanzó su punto más álgido entre 2002 y 2004 rondando el valor de dieciséis pesos, muchos productores se dieron a la tarea de orientar sus cultivos hacia esta alternativa que pensaban que les reportaría una mayor utilidad, de tal manera que para 2009 los cultivos de la región tradicionalmente destacados —maíz, avena y tomate— representaban apenas el 1.5% del total del estado.

Vislumbrando una época de bonanza, la incipiente comunidad de productores de agave no valoró adecuadamente aspectos fundamentales en la dinámica de compra-venta del producto, entre los cuales destaca el poder de mercado de las grandes tequileras que juegan el doble rol de productoras y consumidoras, distorsionando la competencia y afectando la ganancia de los productores independientes.

Un factor adicional de riesgo para estos últimos se relaciona con el ciclo natural del agave, pues la fase de maduración para su cosecha oscila entre los siete y ocho años. Durante este lapso el productor tiene que contar con los medios que le permitan solventar sus gastos hasta que pueda vender la cosecha. Lo anterior, aunado a las fluctuaciones de precios, determinó que no se cumplieran las expectativas y que muchos

no lograran la rentabilidad suficiente para subsistir durante el ciclo.¹ Para solventar esta situación, muchos productores independientes recurrieron a la solicitud de créditos que les permitieran transitar de cosecha a cosecha.

La asesoría del ingeniero Cruz se concentró en buscar alternativas para utilizar de otro modo la producción de agave azul del municipio de Cuquío, pues el tequila no era la solución.

En el marco de esta situación los productores agrícolas de Cuquío se acercaron a Manuel Cruz González, ingeniero químico con amplia experiencia en la industria alimentaria y a quien habían contactado previamente en su carácter de asesor en materia de producción agroindustrial. Ante la presión ejercida por los créditos adquiridos, la sobreoferta y los bajos precios, el objetivo de este segundo encuentro fue realizar la consulta de alternativas para comercializar de manera urgente su cosecha.

La primera opción analizada fue la de producir y vender su propio tequila, pero un rápido estudio de mercado corroboró lo que ya se presentaba: el problema no era tanto desarrollar las capacidades para crear un proceso de producción que les permitiera generar tequila de calidad, sino su comercialización; el control del mercado —vía canales de distribución de las marcas posicionadas de las grandes tequileras— dificulta la entrada de pequeños productores independientes.

Ante este difícil panorama, la asesoría del ingeniero Cruz se concentró en buscar alternativas para utilizar de otro modo la producción de agave azul del municipio de Cuquío, pues el tequila no era la solución. Con este fin se retomaron trabajos científicos que se habían realizado entre las décadas de los cincuenta y los sesenta, precursores en el estudio de los fructanos derivados del agave que representan sustitutos con características superiores a los endulzantes de mayor uso; y al mismo tiempo se exploró la viabilidad de producir y comercializar miel de agave orgánico.

Estos esfuerzos exploratorios sentaron las bases para que se instituyera la empresa Nektli S. A. de C. V., iniciativa de negocio que contemplaba la dirección del ingeniero Cruz y la participación de los productores agrícolas de la región, no solo como proveedores del insumo principal, sino como copropietarios de la empresa, cuyo nombre en náhuatl significa “jugo sagrado del agave”.

Extrayendo el jugo sagrado del agave

Con la decisión empresarial tomada, Nektli se enfocó a la producción de fructanos de agave inulínicos y de jarabe de agave, lo cual implicó desarrollar la investigación

¹ Actualmente se habla de una sobreoferta, que provocó el desplome de los precios, estimados entre 1.5 y 2.5 pesos por kilo.

necesaria para establecer con precisión las propiedades físico-químicas de los productos. Se tenían antecedentes de los fructanos del agave de tipo inulina que los asociaba con beneficios potenciales para la salud, derivados de su ingesta, factor que resultaba de vital importancia si lo que se quería era incursionar en un nuevo mercado, diferente al de los *commodities*, como el azúcar y la fructosa del maíz, cuya ventaja radica en que se derivan de productos agrícolas con ciclos de cosecha más reducidos. En otras palabras, Nektli debía validar científicamente las propiedades que les permitieran diferenciar sus productos, agregarles valor y obtener mayor rentabilidad.

En el año 2000 se dieron a la tarea de llevar a cabo un estudio de mercado a nivel internacional en torno a los productos denominados *orgánicos*, con el cual encontraron que los jarabes de maíz mostraban debilidades porque se les asocia con plantas genéticamente modificadas; por su parte, en aquel tiempo, los procesos de producción de azúcar con caña orgánica se consideraban poco rentables.

Así, se optó por trabajar en el diseño e implementación de un proceso completo de siembra-cosecha-producción que permitiera atacar el nicho de los productos orgánicos. Tomó un año desarrollar el proceso piloto haciendo uso de técnicas biotecnológicas.

Para concretar el objetivo, resultó clave la participación de instituciones como el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente y la Universidad Iberoamericana, sedes Puebla y ciudad de México, pues proveyeron equipos para pruebas que no estaban al alcance de la empresa y conocimientos en un área que no se encontraba lo suficientemente desarrollada en el país. Una vez validado el diagrama de flujo del proceso para el jarabe de agave se avanzó en el escalamiento.

En 2001, con la premura ocasionada por el retraso en la cosecha de las tierras, se comenzó a montar la fábrica. A mediados de año se tenía todo listo para comenzar a producir el jarabe de agave como endulzante especial pues, al ser aproximadamente 1.4 veces más dulce que el azúcar refinada, se requiere una cantidad menor para alcanzar el nivel deseado de

endulzado, implicando con ello una ingesta menor de calorías. Otras de sus ventajas reconocidas es que la fructosa que contiene no estimula la secreción de insulina digestiva —por lo que resulta una alternativa en casos de diabetes—, es fuente natural de vitaminas y minerales e incentiva la producción de bifidobacterias, benéficas para el aparato digestivo.



Instalaciones de Nektli en Cuquío, Jalisco.

El desarrollo de la planta productiva no fue el único reto enfrentado, de manera conjunta se debía plantear la estructura organizativa más adecuada para garantizar una participación justa y equilibrada para todos los productores, cuestión que imponía retos incluso de índole idiosincrático, dados los usos y costumbres que se reflejaban en las formas y prácticas de negociación.

Nekutli es una empresa socialmente responsable

En un inicio, la empresa contemplaba solamente la participación de productores del municipio de Cuquío, sin embargo, como resultado del reconocimiento que venían generando las acciones emprendidas en Jalisco, funcionarios del Fondo Nacional de Apoyos para Empresas en Solidaridad (FONAES) y de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) se acercaron para invitar a los socios de Nekutli a participar en un proyecto de reactivación de una planta para producir pulque en el estado de Hidalgo.

Nekutli invitó a indígenas ñaños del municipio de Cardonal, en el estado de Hidalgo, a formar parte de la asociación empresarial.

Las condiciones que prevalecían en la antigua planta hacían poco viable su modernización para poder operar con rendimientos aceptables; pero el proceso piloto diseñado en la empresa Nekutli consideraba la posibilidad de trabajar con diferentes tipos de agave a partir de métodos biotecnológicos, por lo que no era del todo descartable la posibilidad de recuperarla, además de que se presentaba la oportunidad para combinar ciclos de cosecha y estabilizar la producción.

Nekutli invitó a indígenas ñaños —del municipio de Cardonal, en el estado de Hidalgo— a formar parte de la asociación empresarial. Los ñaños se dedicaban al cultivo del *Agave salmiana*, del que se extrae el aguamiel, insumo base para la elaboración del pulque, cuya producción es predominantemente de carácter artesanal. La cooperación fue una oportunidad para la comunidad indígena ante la caída de la demanda del pulque en los últimos años.

Es de destacarse que la estructura organizativa y los métodos administrativos implementados han permitido consolidar la empresa mediante un esquema de comercio justo, por lo que los productores acceden a un margen de ganancia mayor del que dispondrían bajo los esquemas de comercialización imperantes, considerando el predominio y poder de fijar precios de las grandes cadenas de supermercados, que a veces reducen los beneficios del productor al 10% del precio total, según nos comenta el ingeniero Manuel Cruz.

Es en mayo de 2002 que la empresa Nekutli queda constituida como una sociedad anónima de capital variable. Actualmente el número de socios es de 1073, integrados en torno

a trece diferentes organizaciones de productores, articulados por diferentes esquemas que incluyen cooperativas, asociaciones civiles y sociedades de producción rural.

La idea que prevalece es la de pagar siempre un precio justo para que las familias de los socios y accionistas puedan tener una mejor calidad de vida. El consenso alcanzado les ha permitido reinvertir las utilidades en el incremento de la capacidad de producción, en actividades de investigación científica y en el desarrollo de nuevos productos; cuestiones que han derivado en beneficios sociales para los pobladores de los municipios involucrados, al encontrar fuentes de trabajo con remuneraciones aceptables sin tener que abandonar su lugar de origen.

Por otro lado, la entrada en operación de la planta industrial en el municipio de Cuquío se logró acelerar gracias a la incorporación de equipos de diseño propio. Esto bajo una política de ahorros que respondía a factores económicos y tecnológicos: por un lado, estaba la dificultad de obtener créditos para la inversión de bienes de capital inicial y, por otro, dadas las especificidades técnicas del proceso, se vieron obligados a trabajar aceleradamente en diseños nuevos y adecuaciones para iniciar operaciones a la brevedad. Un caso concreto que ejemplifica lo anterior es el diseño y construcción del reactor con la capacidad de agitar bagazo de agave en la cantidad requerida. Al consultar con posibles proveedores, no se encontraba un referente de una aplicación similar, hasta que la solución se encontró con la asesoría de una compañía especializada de origen inglés.

En esta primera etapa de construcción de la planta para producir jarabe de agave fue que Nekutli se acercó a los fondos sectoriales del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), que recién iniciaban operaciones. Si bien con el primer apoyo concretado obtuvieron una parte muy reducida de lo que solicitaban, les sirvió como una buena experiencia que permitió catalizar las capacidades en las áreas requeridas como biotecnología,

procesos químicos, electrónica, instrumentación y control, etcétera. Para la construcción de la obra civil fue fundamental la participación de los productores y sus familias, factor que, además de permitir abaratar costos de mano de obra vía la autoconstrucción, favoreció la integración y la cohesión de la sociedad conformada.



Planta de procesamiento de productos funcionales.

De los productos orgánicos a los productos funcionales

El arranque de la producción y comercialización del jarabe de agave superó las expectativas y se reflejó en la cantidad de ventas concretadas. En esas fechas los productos orgánicos presentaban una mayor aceptación en los mercados de países europeos, por lo que se dedicaron a obtener las certificaciones que les permitieran colocar ahí el producto. Cumplir con la serie de requerimientos establecidos les permitió acumular

capacidades que a la postre les facilitarían el proceso de certificación para ingresar a los mercados asiático y norteamericano. En menos de cinco años lograron la certificación de producto orgánico y contabilizaron alrededor de 1100 hectáreas de agave reconocidas como cultivos orgánicos.

Desde un principio, ante la posibilidad de diversificar los productos, se detectaron oportunidades de expansión, sobre todo al enfocarse a la producción y formulación de prebióticos y fibras solubles derivadas de agave, con aplicaciones directas en alimentos y bebidas comercializables a buen precio. A tales productos se les reconocían propiedades para la salud que necesitaban ser estudiadas con mayor rigor, de modo que pudieran competir con productos obtenidos de la achicoria, manufacturados en Europa y Asia.

Es por esto que decidieron instaurar un departamento de investigación y desarrollo, que —debido a la falta de recursos para la adquisición de equipos de análisis requeridos— privilegió la vinculación con diferentes universidades e instituciones de investigación del país. El rol activo que jugó el personal de Nekutli en los procesos de vinculación provocó que

no solo participara como usuario receptor de soluciones científicas y tecnológicas provenientes del sector académico, sino que se integrara en la búsqueda de soluciones, al contar con el conocimiento sobre el escalamiento de procesos de laboratorio a nivel industrial.

Con el respaldo de los resultados obtenidos, en 2005 se logró gestionar un apoyo por parte de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), que permitió avanzar en el escalamiento de los procesos que habían venido trabajando para la extracción de los fructooligosacáridos (FOS) del agave que representan fibras solubles y las inulinas, las cuales comparten características funcionales con las extracciones inulínicas de la achicoria, pero cuyas condiciones estructurales favorecen su utilización como productos solubles con mayor número

Ante la posibilidad de diversificar los productos, se detectaron oportunidades de expansión, sobre todo al enfocarse a la producción y formulación de prebióticos y fibras solubles derivadas de agave.

de aplicaciones. Como resultado, se logró establecer una planta de procesamiento de alta tecnología para manufacturar dos tipos de productos de fibra soluble, en modalidades líquida y en polvo, con los nombres comerciales de Metlin y Metlos, que se presentaban como productos funcionales.

Los productos funcionales son aquellos que se incorporan como parte de la dieta debido a que contienen componentes biológicos activos que benefician la salud y contribuyen a la reducción del riesgo de padecer determinadas enfermedades. La evolución experimentada por la empresa al incorporar a los productos orgánicos el adjetivo *funcional* se fundamentó en el tránsito de un enfoque de validación del proceso a otro que incorporó la validación de las propiedades funcionales de los productos.

Sin embargo, el ingeniero Manuel Cruz expresa que el camino transitado no ha estado exento de obstáculos y comenta el caso de algunas prácticas competitivas desleales —promovidas por su principal competidor en los países miembros de la Unión Europea— que tuvieron que enfrentar: básicamente pugnaban para que no se reconociera a la fibra del agave como inulina y FOS, privilegiando a las derivadas de achicoria. Así, se requirieron asesores legales para acudir ante el parlamento europeo, adonde personal de Nektli se trasladó para presentar sus argumentaciones.

Al final de un periodo aproximado de ocho meses se logró ganar la querrela, para lo cual se tuvo que presentar la información, validada científicamente, que sustentara la condición inulínica de las fibras producidas. Este fue solo el principio, pues posteriormente los propios clientes solicitarían los estudios científicos que corroboraran la funcionalidad aludida a los productos derivados del agave.

Tal situación obligó Nektli a concentrar sus esfuerzos en la elaboración de estudios sobre las estructuras moleculares de las inulinas de agave. Para ello, contrataron a profesionistas de disciplinas como química, fisicoquímica, medicina y patología humana para trabajar de manera directa con especialistas austriacos, que en su momento habían contribuido en la definición de la estructura molecular en el caso de la achicoria. En este contexto, se dio el acercamiento al Fondo de Innovación Tecnológica (FIT), que en su convocatoria 2007 les otorgó recursos para el proyecto “Estudios de validación técnico-científica de dos productos derivados de fructanos del agave azul tequilana Weber”, bajo el liderazgo del ingeniero Cruz.

El proyecto, contemplado para dos años, arrojó resultados conclu-



Proceso de producción de la miel de agave.

yentes: los productos eran metabolizables por las bacterias del intestino, causando cambios y actividad de la flora intestinal, lo que se traduce en beneficios para la salud. De igual manera, se caracterizó la estructura molecular tridimensional de la inulina del agave, que presenta diferencias sustanciales respecto de la achicoria, que es de estructura plana. Esto implicó que se tuviera que trabajar también en los protocolos y métodos de validación que no podían ser extrapolados directamente.

Al final del camino, se logró la aceptación como prebióticos de los productos derivados del agave, aspecto que permitió posicionar las marcas Metlin y Metlos en los mercados internacionales y lograr con ello el incremento de las ventas en casi 30%, según estimaciones del ingeniero Cruz.

Una segunda parte de este proyecto contempló estudios de toxicología reproductiva con ratas, que inicialmente no se tenía contemplado, pero que era indispensable para ingresar al mercado de los Estados Unidos, pues se necesitaba obtener el certificado GRAS (*generally recognized as safe* [generalmente reconocido como seguro]), requerido en los alimentos y otros productos ingeribles que se comercializan en ese país. Las pruebas realizadas sirvieron como evidencia científica para lograr la certificación.

Explorando nuevos horizontes

El éxito del desarrollo empresarial de Nekutli se manifiesta en los reconocimientos obtenidos, que incluyen el Premio a la Mejor Compañía Exportadora a Europa 2006, concedido por el grupo Executive World, y el Bizz Awards 2007, otorgado por la Confederación Mundial de Negocios (WCB), en reconocimiento a su modelo de negocio.

En la actualidad, casi el total de la producción se destina a mercados extranjeros, con porcentajes aproximados de 40% a Estados Unidos, 40% a Europa y 20% a otros países. Nekutli cuenta con catorce alianzas de distribución, que han permitido tener presencia en países como Inglaterra, Estados Unidos, Brasil, Israel, India, Japón, Corea, Nueva Zelanda y Australia, entre otros.

Recientemente ingresaron al Programa de Aceleración (TechBA), en la sede de Vancouver, Canadá. La idea es potenciar los trabajos de investigación y desarrollo que permitan diversificar las aplicaciones de sus productos de fibra orgánica de agave Metlin y Metlos y, al

mismo tiempo, obtener asesoría para incrementar las exportaciones, incursionando en el mercado canadiense que solo reconoce como ingrediente la inulina de achicoria.

Actualmente, casi el total de la producción se destina a mercados extranjeros, con porcentajes aproximados de 40% a Estados Unidos, 40% a Europa y 20% a otros países.

La investigación y desarrollo no se detienen: actualmente, en colaboración con el Instituto Nacional de Pediatría, se avanza en un estudio enfocado a evidenciar las ventajas que tiene la incorporación de inulinas y FOS en las formulas lácteas para la salud de niños recién nacidos. Se trata de un estudio con seiscientos niños alimentados con diversas combinaciones de formulación.



Extracción de inulina de agave.

Los resultados obtenidos en algunos parámetros monitoreados —como niveles de colesterol y grasas, fijación de calcio, desempeño del sistema inmunológico, etcétera— resultaron bastante positivos para el caso de la fórmula complementada con inulina de agave. Las oportunidades de negocio que se desprenden de ello son bastante prometedoras, además de los beneficios para la salud infantil.

La apuesta a futuro de la empresa gira en torno a la diversificación de productos en la rama de alimentos para el consumo final, incluyendo el desarrollo de seis categorías: chocolates, aderezos, paletas, helados, cereales y mermeladas, todos en la gama de productos funcionales.

Como hemos visto, la producción de Nekutli parte de una filosofía que, a decir del ingeniero Manuel Cruz, promueve un conjunto de aspectos que inciden en el ciclo completo, que va desde el proceso agrícola para generar la materia prima, pasando por la concepción de los productos, hasta su producción industrial y su posterior distribución y comercialización. El ingeniero pone especial énfasis en los siguientes cinco aspectos:

1. Salud y ambiente. Los productos deben ser creados con el respeto más alto al ambiente y la salud del consumidor y el productor.
2. Calidad. Los productores cumplen con las normas de calidad más altas. Esto asegura ser competitivo respecto a otros productos a nivel nacional e internacional.
3. Precio justo. Los pequeños productores consiguen precios garantizados y el consumidor un precio justo directamente relacionado con la calidad del producto.
4. Desarrollo de la comunidad. Pagando un precio justo se promueve activamente el desarrollo sostenible de las comunidades.
5. Ambiente democrático. Debe existir transparencia en las negociaciones, sin distinción de las organizaciones que pertenecen al grupo.



La empresa Tecnología y Diseño Industrial (TDI), dedicada al diseño y producción de sistemas de fijación para pacientes polifracturados, inició operaciones en el año 2000 y fue fundada por el ingeniero José Adán Ortega Torres. Actualmente tiene una nómina de aproximadamente ochenta empleados y varios de sus productos cuentan con la certificación ISO-13485, el certificado de la Directiva Médica Europea y el registro de la Administración de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA por sus siglas en inglés).

Aunque al principio TDI se dedicó a generar soluciones innovadoras en el diseño y fabricación de implantes dentales, fue tiempo después que se aventuró a diseñar y producir los sistemas de fijación, con la participación del doctor Daniel Luna Pizarro y el apoyo otorgado por el Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) de la Secretaría de Economía (SE) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

TECNOLOGÍA Y DISEÑO INDUSTRIAL: UN PROCESO INNOVADOR SIN FRACTURAS

La idea inicial de negocio, que a la postre daría lugar a la empresa Tecnología y Diseño Industrial S. A. de C. V., se gestó en la Incubadora de Empresas de Base Tecnológica adscrita al Departamento de Ingeniería de Proyectos del Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingeniería (CUCEI) de la Universidad de Guadalajara; espacio donde el ingeniero José Adán Ortega Torres incursionaría en un medio que le facilitaría el acceso a un conjunto de conocimientos de carácter tecnológico y administrativo, que le darían las bases para iniciar la conformación de un acervo de capacidades y que, a su vez, le permitiría afrontar los retos del mercado al que pretendía ingresar.

El programa de incubación de empresas de base tecnológica tiene veinte años funcionando en la Universidad de Guadalajara, años en los que dicha universidad ha sido testigo de casos tan exitosos como el de TDI. Esta empresa inició operaciones en el año 2000, como un negocio en proceso de consolidación, hospedado en las instalaciones de la incubadora ubicada en el Parque Industrial Los Belenes en el municipio de Zapopan, Jalisco.

Al principio, las operaciones de la empresa se avocaron a generar soluciones innovadoras en el diseño y fabricación de productos del área de implantes dentales, que suponía un gran potencial de crecimiento. Sin embargo, la idea original fue sufriendo cambios, debidos en gran medida al acceso que tuvo el emprendedor a una vasta red de contactos vinculados con el Departamento de Ingeniería de Proyectos; lugar en el que se concentran capacidades científicas y tecnológicas de diversos campos, como ingeniería ambiental, química, metalúrgica, procesos y manufactura y ciencia de los materiales.

En este contexto, se cultivó el espíritu emprendedor del ingeniero Ortega, que lo llevó a aventurarse en el diseño y manufactura de sistemas de fijación para pacientes polifracturados, que ofrecía una veta de explotación con beneficios potenciales importantes. La decisión se sustentó en la experiencia adquirida por la empresa en manufactura avanzada y pruebas en materiales, puesto que esta facilitaba la transición de la fabricación de implantes dentales a la de fijadores médicos para fracturas, cuyas

fuentes de innovación de producto son, predominantemente, el diseño y la mejora de materiales. A lo anterior, sin embargo, había que sumar la complejidad inherente a la manufactura de dispositivos para la salud humana, pues estos deben cumplir con normas sanitarias rígidas —que garanticen su inocuidad— y estándares de calidad, que pueden representar una barrera de entrada al mercado, sobre todo para el caso de una pyme.

El doctor Daniel Luna Pizarro contaba con amplia experiencia en el diseño de sistemas de fijación, particularmente en el campo de las fracturas de rodilla.

En la etapa de búsqueda de su nueva aventura, el ingeniero Ortega tuvo su primer encuentro con el doctor Daniel Luna Pizarro, médico especializado en Traumatología y Ortopedia y maestro en Ciencias Médicas Aplicadas a la Cirugía Ortopédica, quien, como jefe de la División de Investigación en Ortopedia del Hospital de Traumatología Lomas Verdes, perteneciente al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), contaba con amplia experiencia en el diseño de sistemas de fijación, particularmente en el campo de las frac-

turas de rodilla, en el que había logrado notables avances, los cuales le permitieron acceder a un primer prototipo.

El proceso para materializar la idea de dicho prototipo no estuvo exento de problemas, pues al realizar su construcción por partes —con el fin de mantener el desarrollo en secreto hasta que lograra patentarse—, se retrasó el proceso tecnológico diseñado por el doctor Luna y no pudo establecerse un sistema ágil de incorporación de cambios, derivados de las pruebas hechas a prototipos más avanzados. En consecuencia, para enfrentar dicha limitante, el doctor se planteó la posibilidad de establecer un convenio con una empresa alemana que tenía una planta de manufactura de dispositivos de fijación ósea en México, pero tuvo que renunciar a esta opción por no coincidir el cronograma de desarrollo que había elaborado con el que le ofrecía la empresa, el cual se ajustaba a las necesidades de sus ciclos de producción.

En este estado de cosas; fue que el doctor Luna se encontró con el ingeniero Ortega, quien pretendía implementar procesos de manufactura que se convertirían en la mejor y más oportuna vía para avanzar en el escalamiento productivo de su propuesta.

Primeros pasos hacia el éxito: el binomio emprendedor-innovador

La sinergia posterior al encuentro entre innovador y emprendedor marcó un punto de inflexión en la hasta ahora corta, pero exitosa historia de la empresa. Pues, aunque

suele ser común que ambos roles sean ejecutados por la misma persona, en este caso se conformó un dueto que implicó un proceso inicial de familiarización, confianza y colaboración. Al respecto, el doctor Luna comentó: “Desde un principio, un factor que me llevó a tomar la decisión de cooperar con la empresa fue el compromiso mostrado por el ingeniero Adán para apoyar el desarrollo de tecnología mexicana”.

El proyecto surgido de este dueto arrojó resultados con aplicación industrial que se reflejaron en la implementación de procesos y productos, en una fase avanzada de desarrollo, destinados a satisfacer las demandas del sector salud: desde un principio, las decisiones se tomaron con base en las necesidades de mercado identificadas. El enfoque inicial estuvo dirigido hacia el área de fijadores de fracturas externos, para los cuales se empleaba una técnica que ofrecía oportunidades de desarrollo, dada su característica de ser menos invasiva que otras opciones.

De este modo, el trabajo del doctor Luna y el ingeniero Ortega se enfocó al desarrollo de materiales que poseyeran un adecuado balance entre durabilidad y calidad, y les permitieran competir con las alternativas existentes en el mercado; lo cual significó todo un reto, pues tuvieron que contender con empresas de dispositivos médicos ya consolidadas y con trayectorias productivas de alrededor de cincuenta años, como la empresa alemana Aesculap.

Así pues, como no podían competir con los bajos precios de las marcas posicionadas —consecuencia de sus grandes volúmenes de producción—, Ortega y Luna buscaron nichos de mercado de menor escala, donde la mejora de materiales les permitiera ofrecer productos diferenciados: su apuesta consistió en aprovechar las condiciones de la incubadora para delinear un proyecto que incluyera el desarrollo del material, el proceso y los productos. La incubadora facilitó la fase de transición entre la etapa de desarrollo de prototipos de producto y las etapas subsecuentes de pruebas piloto y fabricación, posibilitando la consolidación de una propuesta competitiva, en un tiempo relativamente corto.

Para 2003, la empresa ya había logrado establecer canales de proveeduría de fijadores externos con el IMSS, lo que marcó el inicio de una tendencia de crecimiento sostenido, debido a los altos volúmenes solicitados por dicha institución. A partir de entonces, el binomio conformado por el doctor Luna y el ingeniero Ortega comenzó a explorar alternativas productivas con un mayor grado de innovación.

El trabajo del doctor Luna y el ingeniero Ortega se enfocó al desarrollo de materiales que poseyeran un adecuado balance entre durabilidad y calidad, y les permitieran competir con las alternativas existentes en el mercado.

El dispositivo médico Luna-Fix

El dispositivo médico Luna-Fix, ilustrado en la página siguiente (Figura 6), es un sistema diseñado para el manejo de fracturas óseas desplazadas de patela, mesetas tibiales y cóndilos femorales. Este innovador desarrollo, además de incluir el diseño y la construcción del sistema físico de fijación de fracturas de rodilla, implicó la definición de una nueva técnica quirúrgica de mínima invasión.

La tecnología de este sistema se desarrolló gracias al apoyo otorgado por el Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) de la Secretaría de Economía (SE) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para el proyecto “Sistema de osteosíntesis percutáneo patelar”.¹ Dicho apoyo posibilitó la conformación de un equipo multidisciplinario encargado de atender estos aspectos:

- 1) Diseño, desarrollo y pruebas del sistema.
- 2) Pruebas de materiales y desarrollo del proceso de manufactura.
- 3) Definición de mercado mediante estrategias de difusión dirigidas a la comunidad médica nacional e internacional.

Asimismo, permitió concretar la manufactura de los primeros lotes y obtener los permisos sanitarios correspondientes.

Un elemento crucial para el éxito del proyecto fue la retroalimentación continua entre los participantes de las áreas médica y de ingeniería biomédica. Pues los ayudó a canalizar y orientar de forma adecuada la visión ingenieril que pondera la funcionalidad biomecánica de los dispositivos y la perspectiva de la práctica médica que resalta aspectos de la experiencia en la aplicación quirúrgica, y se convirtió en un elemento clave para la evolución de los diferentes prototipos subsecuentes, que incorporaron las mejoras derivadas de los ensayos clínicos y de las pruebas de bioseguridad, efectividad y eficacia.

Por otro lado, las características inventivas y de aplicación industrial que se implementaron en el innovador prototipo Luna-Fix, permitieron que este fuera patentado no solo en México, sino en Estados Unidos.

Pero ¿dónde radican los beneficios del contenido innovador del Luna-Fix? A decir del personal directivo de la empresa, las técnicas quirúrgicas enfocadas a la atención de fracturas de rodilla experimentaban un estancamiento que se había extendido por un periodo cercano a los cincuenta años y había obstaculizado el desarrollo de mejoras a los procedimientos de atención y recuperación de los pacientes sujetos a una operación. Por ello, estando consciente de esta situación, la empresa se abocó a desarrollar el sistema

¹ En 2012, el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) concedió a TDI la patente de este sistema (Sistema de osteosíntesis percutáneo patelar aplicable a fracturas de rótula desplazadas de la rodilla, PA/a/2006/007251), que también fue patentado en Estados Unidos por The United States Patent and Trademark Office (USPTO) (Percutaneous patellar osteosynthesis system applicable to dislocated patella fractures, 2009/0216230 A1).

de intervención Luna-Fix: una alternativa percutánea para las cirugías de rodilla que no requiere de una disección del tejido blando para colocarse, invade mínimamente al paciente y puede emplearse en la reducción, reparación y fijación de fracturas de rodilla de cualquier configuración y estructura (las alternativas comerciales existentes ofrecían sistemas de fijación más sofisticados, costosos y poco flexibles, que utilizaban una mayor cantidad de aditamentos: barras, interconectores, abrazaderas, etcétera). Además, debido a que las incisiones son mínimas, el tiempo de recuperación se reduce considerablemente y se traduce en beneficios económicos para el paciente, si se trata de un servicio proporcionado por una institución privada; o en ahorros al gasto público, si los pacientes son derechohabientes del servicio médico público. En promedio, de acuerdo con la información proporcionada por TDI, el uso del sistema Luna-Fix, respecto de la alternativa de operación abierta, implica reducir de siete a dos días la estadía en el hospital, de ciento cincuenta a sesenta los días empleados en la recuperación y de sesenta a quince los que se destinan a la terapia física intensa posterior.

Figura 6. Sistema de osteosíntesis percutáneo Luna-Fix

CONTENIDO SISTEMA DE OSTEOSÍNTESIS PERCUTÁNEO LUNA-FIX®



| PARTE | CÓDIGO |
|--|----------|
| A)- (1) PINZA DE FIJACIÓN Y ESTABILIZACIÓN | H0100100 |
| B)- (2) GUÍA PARALELA DE FIJACIÓN Y ESTABILIZACIÓN | H0100200 |
| C)- (1) PUNTA DE SUJECIÓN AUXILIAR | H0100110 |
| D)- (1) LLAVE ALLEN | M0800101 |

**LEX
LUNA-FIX
REDUCTOR**

| KIT DE REDUCTORES PARA FRACTURA DE PATELA LUNA-FIX REDUCTOR SYSTEM | |
|---|----------|
| PARTE | CÓDIGO |
| E)- (1) REDUCTOR DERECHO | H0200100 |
| F)- (1) REDUCTOR IZQUIERDO | H0200200 |

* EL KIT DE REDUCTORES PARA FRACTURA DE PATELA LUNA-FIX REDUCTOR SYSTEM ® SE VENDE POR SEPARADO Y NO SE INCLUYE EN EL SISTEMA DE OSTEOSÍNTESIS PERCUTÁNEO.



EIKI  1011

 NO SE USE SI EL EMPAQUE ESTÁ DAÑADO

REG. NO: 1226E2009 SSA

La venta de productos con aplicaciones clínicas novedosas que ofrecen alternativas a técnicas quirúrgicas de gran arraigo representa un gran reto para las empresas nuevas.

Los detalles técnicos que sustentan los beneficios citados fueron dados a conocer en 2006, en la prestigiosa revista mensual estadounidense *Journal of Orthopaedic Trauma*, que publica Lippincott Williams & Wilkins y dirige Roy W. Sanders.

De manera sintética, el sistema Luna-Fix funciona así:

- Se realizan incisiones de longitud mínima (aproximadamente 5 mm).
- La sujeción básica para comprimir los fragmentos se lleva a cabo en dos puntos, aunque existe la posibilidad de habilitar un tercero, si las condiciones de la fractura así lo requieren.
- La guía paralela de fijación y estabilización

tiene un rango amplio de ajuste que permite abarcar zonas de cobertura para sujetar fragmentos grandes y alcanzar una compresión exacta.

- Los sujetadores permiten la colocación directa de los clavos (usualmente empleados cuando existe riesgo de desplazamiento de la fractura o ante la evidencia de inestabilidad, causada por lesiones en los ligamentos), para determinar la dirección correcta en la que se situará el implante intraóseo definitivo.

Entrada al mercado e internacionalización

La venta de productos con aplicaciones clínicas novedosas que ofrecen alternativas a técnicas quirúrgicas de gran arraigo representa un gran reto para las empresas nuevas, pues, entre otras cosas, deben contactar de forma directa a los médicos: sus usuarios potenciales. Por esta razón, TDI cuenta con un programa de asesoría posventa, que brinda apoyo *in situ* con técnicos de producto, justo en el momento en que se realizan las cirugías; lo que evita problemas en la aplicación del sistema, incrementa la confianza en los productos y, por consiguiente, facilita su entrada al mercado.

Este mecanismo de comercialización se ha convertido en uno de los vehículos de interacción más importantes para la obtención de información básica que permita conceptualizar las mejoras de los productos. Incluso, TDI ha trabajado en programas regulares de capacitación y actualización para residentes y médicos especialistas, organizados en coordinación con las jefaturas de enseñanza y traumatología de las instituciones públicas de salud y clínicas privadas.

Este trabajo integral de la empresa —que considera la etapa posterior a la concepción de la innovación— le ha permitido desplazar de algunos segmentos del mercado nacional productos suizos y alemanes que tradicionalmente habían sido

los más demandados por las instituciones de salud, y ver incrementada la demanda de sus productos. Lo cual llevó a los directivos de la empresa a buscar en 2010 otras instalaciones que les permitieran aumentar su capacidad de producción; la que, cabe mencionar, desde 2009 registra una tasa de crecimiento anual de 50%, lo cual se debe al posicionamiento de la empresa como proveedora de las instituciones de salud pública, que le permitió adjudicarse ciento ochenta contratos de abastecimiento en 2010.



Planta de producción de TDI.

En la actualidad, TDI tiene una nómina aproximada de ochenta empleados, entre los que destaca el personal especializado en las áreas de ingeniería biomédica y de diseño industrial, que resultan medulares para las actividades de la empresa. Además, como explica la jefa de Comercio Internacional, la licenciada Íngrid Alaniz, sus productos tienen calidad de exportación, pues cuentan con la certificación ISO-13485, que es una norma específica para productos sanitarios, y el certificado de la Directiva Médica Europea, que garantiza el apego a los lineamientos para dispositivos y aparatos médicos que se comercializan en la Unión Europea, en aspectos como la evaluación de conformidad, la normalización, la información clínica que los avala, etcétera.

Recientemente, la empresa también logró que tres líneas de productos adquirieran el registro FDA, que demanda pruebas rigurosas que sustenten con evidencia científica su inocuidad, mediante un conjunto de requerimientos definidos por la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos, y ha dado a TDI la oportunidad de incursionar en el gran mercado estadounidense.

Como consecuencia de la obtención de estas certificaciones, la empresa ha iniciado las negociaciones para entrar a los mercados de países como Venezuela, Portugal, Colombia, Brasil y Estados Unidos. Asimismo su participación, durante los últimos tres años, en la prestigiada Feria Médica de Dusseldorf, en Alemania, le ha servido como escaparate para dar a conocer sus productos internacionalmente y contactar proveedores potenciales de materias primas.

En TDI no cesan los esfuerzos por continuar expandiendo sus horizontes de crecimiento y desarrollo; tal como lo demuestra la reciente incorporación de la empresa al programa TechBA (Aceleradora Internacional de Empresas Tecnológicas), en su sede canadiense, con el fin de facilitar su acceso al mercado del norte, sabedora de que la calidad de sus productos la avala.

La innovación es un proceso continuo

Por sus resultados, la empresa obtuvo por parte de la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico el Premio ADIAT a la Innovación Tecnológica 2010, en la categoría de pequeñas y medianas empresas, por el proyecto “Gestión empresarial para el diseño y desarrollo de dispositivos médicos e implantes en ortopedia y traumatología en TDI”.

Actualmente, TDI explora el desarrollo de fijadores radiolúcidos, caracterizados por una estructura que puede ser traspasada por los rayos X, que posibilitarían la toma de radiografías y un monitoreo más adecuado del trazo evolutivo de las fracturas. Productos como estos fijadores son el resultado de una alta especialización —la cual determina su alta rentabilidad—, pues requieren de procedimientos complejos para el manejo de los materiales radiolúcidos.

Asimismo, TDI ha logrado avances importantes en el desarrollo de dispositivos e implantes de columna con materiales totalmente radiopacos, caracterizados por una estructura que puede ser detectada exactamente por los rayos X, que permitirían a los médicos visualizar su estructura completa —pues se colocan internamente— y dar mayor certeza al seguimiento y evolución de las fracturas durante el periodo de recuperación de los pacientes. Este tipo de productos se distingue de las otras opciones que predominan en el mercado porque complementan el material convencional con incrustaciones de titanio que sirven como puntos de referencia para el monitoreo.

Es evidente que la dinámica de innovación de producto implementada por TDI ha incrementado los requerimientos de materiales altamente especializados, y ha obligado a la empresa a concentrar esfuerzos para encontrar las mejores opciones de proveeduría. Por lo que ahora importa insumos de países como Alemania, Suiza, Inglaterra, India y Estados Unidos.

Por su parte, el doctor Luna mantiene su exitosa trayectoria de investigación y visualiza el desarrollo de otras tecnologías, mediante esquemas cooperativos exitosos como el establecido con TDI, enfocándose actualmente en el perfeccionamiento de un dispositivo adecuado para la sustitución total de rodilla de pacientes mexicanos y en el desarrollo de tratamientos para los defectos condrales,² a partir de células madre.



Laboratorio de pruebas de TDI.

² Defectos o lesiones en los cartílagos de las articulaciones que tienden a agudizarse con el tiempo y, en casos agudos, implican la sustitución de las articulaciones por prótesis artificiales.

Como se observa, las oportunidades de expansión para la empresa son bastante prometedoras, pues, pese a su escaso tiempo de operación, ha logrado consolidar su estrategia de crecimiento basada en la innovación, que resulta de la constante retroalimentación entre los esfuerzos de investigación y desarrollo, las condiciones de calidad y certificación de la producción, y la dinámica de mercado. Esto se traduce en una trayectoria empresarial exitosa, sustentada en la aportación de soluciones innovadoras en el campo de los dispositivos médicos para fijación de fracturas.

Para el futuro, Tecnología y Diseño Industrial apuesta por la diversificación y el perfeccionamiento continuo de sus productos; lo que se hace patente en la renovación de líneas de productos, derivada de mejoras que van desde la búsqueda y hallazgo de una combinación de materiales con mayor resistencia, pasando por la optimización de la funcionalidad, hasta la exploración de compatibilidades para propuestas modulares.

Para el futuro, Tecnología y Diseño Industrial apuesta por la diversificación y perfeccionamiento continuo de sus productos.



Dispositivos médicos de fijación de fracturas.



Los problemas de salud y contaminación que generan las llantas en desuso y el enorme costo que implica su reciclaje —por no haber plantas recicladoras en el país— motivaron al ingeniero Gerardo Pagaza a pensar en una posible respuesta que diera solución a estas situaciones.

De sus cavilaciones surgió el proyecto “Proceso, diseño, desarrollo y prototipo de máquina necesaria para implementar el proceso de reciclamiento de llantas usadas”, que presentó al Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y le permitió desarrollar, en un corto periodo, la primera planta móvil de reciclaje de llantas, que solo pesa tres toneladas, puede desplazarse de una ciudad a otra, funciona con bajos niveles de energía, requiere un espacio mínimo de doscientos cincuenta metros cuadrados para instalarse, y puede ser operada y explotada después de una breve capacitación de treinta minutos.

The background of the top section of the page is a photograph showing several large stacks of used, black tires. The tires are piled high, creating a sense of volume and repetition. The lighting is somewhat dim, highlighting the texture of the rubber and the circular patterns of the tread.

Capítulo 7

EL NOVEDOSO EXTERMINADOR DE LLANTAS USADAS

México enfrentó en 2012 un fuerte crecimiento en la incidencia de dengue a nivel nacional: el estado de Yucatán ocupó el primer lugar, lo siguieron los estados de Nuevo León, Veracruz y Quintana Roo, y la Cuenca del Papaloapan se mantuvo en alerta amarilla latente debido a la presencia del virus. A pesar de ello y de las intensas campañas informativas acerca de cómo eliminar los *criaderos de moscos* —destruyendo, principalmente, todos los sitios en donde el agua puede estancarse—, los pobladores no atendieron el llamado y provocaron que los criaderos siguieran reproduciéndose exponencialmente, entre otros lugares, en llantas usadas y abandonadas: criaderos predilectos de los moscos que ofrecen excelentes condiciones para cubrirse del sol y reproducirse sin ninguna reserva.

Sin embargo, la reproducción de los moscos que provocan el dengue es solo una de las expresiones de la problemática que representa la acumulación de las llantas usadas en el país: en México, se generan cada año de doscientas cincuenta mil a trescientas mil toneladas de llantas usadas, a las que se agrega otro tanto por hules vulcanizados, que se traducen en una enorme cantidad de pasivos ambientales, los cuales impactan el medio por ser lugares propicios para la incubación de todo tipo de bacterias, virus, roedores, etcétera. Situación que deriva en el desaprovechamiento de terrenos que podrían ser utilizados para diversas actividades. Aunado a lo anterior, está el enorme costo que ocasiona el confinamiento y traslado de las llantas usadas a lugares donde puedan ser recicladas.

El problema del reciclaje de llantas

Podría pensarse que el problema de las llantas usadas se soluciona con su reciclaje, sin embargo, en el caso de México, esto también implica una serie de inconvenientes, pues el país no cuenta con una planta de reciclaje y las llantas que se desee reciclar deben ser llevadas a Estados Unidos, pagando los altos costos que esto origina.

Esta problemática motivó al ingeniero Gerardo Pagaza a pensar en una solución que no solo resolviera la falta de plantas recicladoras, sino que también tuviera impacto en el ámbito ambiental y en el de la salud. Así que identificó una serie de demandas que podían ser solucionadas con su experiencia. De estas inquietudes surgió el proyecto que presentó al Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y denominó: “Proceso, diseño, desarrollo y prototipo de máquina necesaria para implementar el proceso de reciclamiento de llantas usadas”.

La trayectoria del ingeniero Pagaza es la de un hombre lleno de acciones y soluciones innovadoras. Sus trabajos previos se relacionan con el nitrógeno y la cristalización de las llantas, y dieron lugar a su primera patente entre 1992 y 1995. Después, se concentró en el trabajo y desarrollo de una resina proveniente de las llantas para ser usada en canchas de fútbol rápido y tenis, en impermeabilizantes, etcétera. Y, finalmente, se dedicó a las máquinas recicladoras, lo que muestra la consolidación de su trayectoria de investigación en procesos de reciclaje y nuevos usos de las llantas recicladas, a lo largo de más de veinte años.

En esta última etapa, una vez que el ingeniero identificó y visualizó las posibles soluciones, desarrolló —como parte del proyecto auspiciado por el FIT— la primera máquina recicladora con importantes aportaciones tecnológicas, obteniendo resultados que sobrepasaron los objetivos planteados en un inicio.

El proceso de reciclaje está compuesto por diversas máquinas; la primera de ellas es una máquina granuladora (*chipeadora*) que es la parte central del proceso, ya que



Llantas en proceso de reciclaje.

de allí se obtienen pequeños *chips*¹ de llanta que son altamente resistentes, gracias a sus características, y pueden ser usados nuevamente en diversas aplicaciones. El proceso también incluye una máquina desbrozadora, una separadora de costados y pisos, y una separadora de cejas y costados o depiladora.

Una vez que se tienen las llantas en desuso, el primer paso para reciclarlas es quitarles las cejas y los costados, que son las partes que tienen acero y que, en este caso, no son usadas, con la máquina separadora de cejas y costados. A continuación, se pasa a la máquina *chipeadora*, en la que la llanta es transformada en tiras. Una vez que se obtienen dichas tiras, se pasa a otra *chipeadora* que destruye las tiras y las convierte en *chips*.

¹ Pequeños pedazos de llanta, también denominados *nódulos* o *gránulos*.

Todas las máquinas que forman parte del proceso pueden establecer una planta completa de reciclaje, pero móvil, gracias a sus características, pues es relativamente ligera (solo tres toneladas en total) y puede desplazarse de una ciudad a otra, para ir reciclando llantas de manera ágil y sin necesidad de tener que instalarse definitivamente en alguna localidad. Además de ser móvil y ligera, la planta funciona con bajos niveles de energía, por lo que puede conectarse a un tablero eléctrico también transportable.

Otra ventaja de esta planta es que requiere un espacio mínimo de doscientos cincuenta metros cuadrados, más una pequeña área de recepción y entrega de materia prima. Por si todo lo anterior fuera poco, los operadores de las máquinas no necesitan poseer ningún conocimiento previo especial y pueden ser capacitados en máximo treinta minutos, hecho que facilita el uso y explotación de las máquinas en cualquier lugar.

Como resultado del proyecto, la planta se protegió con una patente de proceso, tres de maquinaria y una de producto, registrándolas tanto en México como en Estados Unidos, y algunas por medio del Tratado de Cooperación en Patentes (PCT).

El desarrollo de máquinas de bajo consumo de energía eléctrica y de un tamaño relativamente pequeño son las principales innovaciones y constituyen el valor agregado del producto generado por el ingeniero, pues, comparada con las recicladoras del mundo, la planta desarrollada por Pagaza no solo es sustentable y móvil, sino que permite disminuir los costos de reciclaje de llantas en el país (ya no tienen que trasladarse a Estados Unidos), puede instalarse en cualquier municipio, su demanda de energía es mínima y, por tanto, es la mejor alternativa para el reciclaje de llantas.

La planta desarrollada por Pagaza permite disminuir los costos de reciclaje de llantas en el país, puede instalarse en cualquier municipio, su demanda de energía es mínima y, por tanto, es la mejor alternativa para el reciclaje de llantas.

De cómo las llantas de autos se fundieron con el pavimento...

Si bien el propósito del proyecto consistía en diseñar y generar los prototipos de una o varias máquinas recicladoras, los resultados superaron las expectativas: además de máquinas recicladoras, se obtuvo un nuevo producto: el *chip* de llanta.

Las características del *chip* motivaron al ingeniero Pagaza a buscar más usos y aplicaciones para este. Una de dichas aplicaciones lo condujo hasta Cementos Mexicanos (CEMEX), donde demostró que al mezclar el *chip* con concreto, podía obtenerse un tipo

de concreto ecológico y con valor agregado, pues, además de que la empresa contribuiría a la eliminación de basura, contaría con un material nuevo para comercializar. Llegar a CEMEX no fue fácil, sin embargo, la insistencia y perseverancia del ingeniero Pagaza fueron decisivas para convencer a la empresa cementera del potencial de su oferta.

El establecimiento de intereses conjuntos entre CEMEX y el ingeniero Pagaza dio como resultado el llancreto, un nuevo material que fue utilizado en la pavimentación de algunas calles de Monterrey, en 2004, y en Tijuana, en 2006. Estas primeras aplicaciones abrieron la puerta para repensar la forma de reciclar las llantas: no solo deshacerlas en pedacitos, sino darles un uso nuevo, una segunda vida...

A partir de su relación con CEMEX, el ingeniero Pagaza quedó como responsable de la mejora del desarrollo de la máquina recicladora de bajo consumo de energía eléctrica —no más de sesenta kilowatts—, con el fin de que pudiera usarse en la fábrica de concreto sin interferir en la producción de las otras máquinas. CEMEX le dio las facilidades para poder desarrollar y probar los posibles diseños.

Si bien las máquinas constituyen una innovación relevante, también lo es el producto que de ellas se desprende. Como se explicó previamente, una vez que la llanta es transformada en *chips*, estos pueden usarse en la construcción de banquetas o calles, de manera que un municipio, al reciclar su basura de llanta, puede reutilizarla mediante el llancreto o darle uso en diferentes productos, como en la fabricación de canchas de tenis, o usarlo mezclado con impermeabilizante. Con esto se eliminan los problemas que generan las llantas como desperdicio y como incubadoras de enfermedades, y también se promueve el uso de concreto con responsabilidad ecológica.



Llantas para reciclaje utilizadas por Tyre Chip S. A. de C. V.

Por la importancia del problema que representa el reciclaje de llantas, la empresa Volkswagen (vw) de México mostró interés, desde hace algún tiempo, en la innovación del ingeniero Pagaza. Primero estableció comunicación con él y luego una relación estratégica a través de Uli Thoma, un empresa proveedora de vw Puebla, para implementar un proceso de recolección de sus propias llantas en desuso y reciclarlas de una manera ambientalmente responsable.

Las alianzas con CEMEX y VW no fueron fáciles, requirieron de tiempo y varias demostraciones que lograran convencer a las empresas de la factibilidad y potencialidad del proyecto. "Por medio de una persona que conocí, gracias al Premio de Ecología de la Fundación Miguel Alemán, quien comentó en vw lo que estaba haciendo, concertamos una cita... presenté el proyecto y no me creyeron. Tuvimos una segunda plática, no me creyeron de nuevo. Hasta que visitaron las máquinas en Toluca y vieron todo el proceso de reciclado, se convencieron del posible éxito", comenta el ingeniero Pagaza.

Tanto el invento de la planta recicladora como los usos nuevos para el material de desecho concuerdan con la tendencia mundial de las armadoras de automóviles, que empiezan a desarrollar plantas para desarmar autos y comenzar un proceso de reciclaje efectivo para deshacerse de ellos de forma sustentable.

Nuevas oportunidades...

Por medio de un proceso de convencimiento, demostración y negociación, el ingeniero Pagaza ha logrado establecer dos relaciones estratégicas, basadas en su persistencia y en la calidad de sus proyectos. Por un lado, logró la formación de la empresa Tyre



Material de reciclaje.

Chip, en sociedad con Uli Thoma, la cual se dedica al reciclaje de llantas provenientes de VW Puebla y algunos otros lugares de la zona. Por otro, consiguió establecer una alianza entre esta empresa y CEMEX para que las banquetas y pisos de la planta de motores, en Silao, Guanajuato, se construyeran con llancreto. De este modo, se ha establecido una planta dedicada al reciclaje y se ha ganado un comprador del material que de ella resulta: los *chips* de llanta.

Pero la visión innovadora va más allá de estos primeros logros. Además del uso inmediato de los *chips* en el llancreto, el ingeniero Pagaza ha visualizado una cantidad importante de empleos posibles: como material complementario para la impermeabilización; en canchas de tenis o de fútbol rápido, por su durabilidad y capacidad de amortiguación; o como componente de pegamentos especiales que logren una resistencia similar a la del acero y con mayores ventajas, y puedan derivar, entre otras

mucha cosas, en protectores vehiculares de carreteras, debido a su capacidad de absorción de golpes.

Resulta claro que las posibilidades pueden ser del tamaño de la imaginación de cada uno y que, al conversar con el ingeniero Pagaza, nos damos cuenta de que los usos de este nuevo producto son todavía insospechados, pues como bien dice: “lo que falta es tiempo y dinero para desarrollar más aplicaciones”.

A pesar del entusiasmo que provocan todos los potenciales usos de los *chips*, el ingeniero Pagaza sabe que es muy difícil que todo lo maneje él mismo, por eso, se muestra abierto a todos aquellos que quieran adquirir los *chips* como materia prima y buscar alternativas de uso. Por el momento, se centra en la consolidación de la planta de Tyre Chip, inaugurada en junio de 2011, y en seguir estableciendo relaciones para que existan más

plantas en el país. Por esta razón, mantiene negociaciones con inversionistas de distintas zonas del país, interesados en montar plantas similares a la de Puebla.

Una de las opciones para el futuro es convertir a Tire Chip en una empresa que se dedique a la producción de plantas recicladoras de llantas en todo el país, de manera que se convierta en la proveedora de la tecnología a nivel nacional. En ese caso, el modelo de negocios funcionaría así: con la patente de producto y de proceso, el ingeniero generaría una licencia de uso de ambas, y Tire Chip sería la encargada de montar todas las plantas, dar capacitación técnica y servicios de mantenimiento mayor. Uno de los incentivos de este modelo es que los que adquieran una licencia de uso se convertirán automáticamente en proveedores de *chips* para CEMEX —aunque esto no limita la búsqueda de más usuarios o nuevas aplicaciones—, pues, actualmente, la cementera es la principal consumidora de *chips*, ya que con ellos produce el llancreto.

El ingeniero Pagaza sabe que es muy difícil que todo lo maneje él mismo, por eso, se muestra abierto a todos aquellos que quieran adquirir los *chips* como materia prima y buscar alternativas de uso.

Otra opción es instalar una planta en Estados Unidos para que desde allí se puedan abastecer los productos a diversas partes del mundo. Una posibilidad más es generar plantas móviles que puedan dar servicio en zonas alejadas del país: municipios y regiones para los cuales resultaría sumamente costoso enviar sus llantas en desuso a alguna de las plantas instaladas.

Pero todo lo anterior son solo opciones, pues el ingeniero Pagaza admite moverse en dos arenas: como socio de la empresa Tire Chip —donde es encargado de toda la parte técnica y tecnológica asociada a la producción de las máquinas recicladoras— y como el inventor que siempre está en busca de nuevos caminos.

El largo camino de la innovación

Hasta ahora, el proceso ha sido lento, sobre todo, porque como bien refiere el ingeniero Pagaza, una cosa es el proceso de producción de la tecnología, otra el aprendizaje sobre uso y funcionamiento, y otra más la comercialización o gestión del negocio. El proceso de licenciamiento aún está en ciernes, lo cual no quiere decir que sea un problema, sino algo natural para la puesta en marcha de un proyecto basado en una innovación tecnológica. Mientras tanto, Pagaza se encuentra en pláticas con Ángeles Inversionistas, un modelo que ayuda a desarrollar los negocios mediante presentaciones a inversionistas interesados.

El ingeniero Pagaza es un hombre convencido de que su carácter innovador proviene de su curiosidad por resolver problemas de la realidad, problemas que aquejan a la sociedad. Y reconoce también que los fondos públicos de apoyo a la innovación son fundamentales. En su caso, fungieron como catalizadores de sus proyectos; sin ellos, no hubiera podido contar con los recursos necesarios para materializarlos.

Su proyecto para reciclar llantas muestra cómo los problemas de un país pueden ser resueltos con innovaciones adaptativas —recordemos que las máquinas que reciclan llantas se utilizan en varios países, pero no en México—.

La planta móvil de reciclado es una innovación que coadyuva a resolver problemas relacionados con la salud, debidos a la contaminación que genera la basura de llantas, y dificultades vinculadas con los altos costos que genera la transportación del desecho hasta las plantas recicladoras estadounidenses.

La producción de máquinas recicladoras con características específicas para México ha sido una respuesta muy atinada en la resolución de algunos de los conflictos ecológicos, económicos y de salud que aquejan a varias zonas del país. Y, además, se ha traducido en un modelo de negocio rentable y próspero para el empresario.

Una cosa es el proceso de producción de la tecnología, otra el aprendizaje sobre uso y funcionamiento, y otra más la comercialización o gestión del negocio.

La máquina inventada representa una opción ambiental para acabar con la contaminación que provocan los tiraderos de llantas y con los efectos que estos generan en la salud humana: dengue, rabia, infecciones en la piel y enfermedades gastrointestinales. Sobre todo, si consideramos que, según datos de la Asociación Nacional de Distribuidores de Llantas y Plantas Renovadoras A. C. (ANDELLAC), anualmente, se desechan veinticinco millones de neumáticos inservibles en el país.

El ingeniero Pagaza ha desarrollado, al menos, cinco patentes a nivel nacional y veinticinco a nivel internacional, y, actualmente, cuenta con tres patentes aceptadas en Suiza y dos en trámite. Todas ellas resultado de varias de las máquinas que ha producido (separadora de costados y cejas de llanta, granuladora, separadora de pisos y costados, desbrozadora y separadora de fibras de hule), además de los procesos. En el Cuadro 7.1 pueden observarse las patentes obtenidas a partir del proyecto apoyado por el FIT.

Cuadro 7.1. Patentes obtenidas a partir del proyecto “Proceso, diseño, desarrollo y prototipo de máquina necesaria para implementar el proceso de reciclamiento de llantas usadas”

| Nombre de la patente | Oficina de aplicación | Número de patente |
|---|-------------------------------------|-------------------|
| Waste tyre slicing machine. | United States Patent Office (USPTO) | 5555782A |
| Process for obtaining rubber pellets from used tyres. | Unites States Patent Office (USPTO) | 7757978B2 |
| Method of obtaining rubber pellets from used tyres. | European Patent Office (EPO) | EP1961541B1 |
| Machine for obtaining rubber pellets from used tyres. | United States Patent Office (USPTO) | 0192925A1* |

*Número de publicación (patente en trámite)

Sin duda, la recicladora de llantas representa un ejemplo de cómo los inventos pueden traducirse en soluciones innovadoras para la sociedad y en oportunidades de negocio; muestra que el desarrollo tecnológico cobra importancia en la medida en que identifica áreas de oportunidad y se enfoca a problemas específicos; evidencia que la innovación es un proceso de largo plazo, y da cuenta de que la satisfacción y los resultados superan la propia imaginación.

En estricto sentido, el proyecto apoyado por el FIT se centra en las máquinas recicladoras que por sí solas cuentan ya como una innovación, pero son algo totalmente nuevo, pues son adaptaciones exitosas y diferentes, hechas a la medida del país, de las máquinas que existen en el mundo. Lo realmente innovador

son las posibles aplicaciones que tiene el material reciclado y que se desprende como un resultado adicional del proyecto. El reto, ahora, es encontrar más socios interesados y capaces de explorar y seguir desarrollando investigación en el área, además de difundir los beneficios que se pueden obtener del reciclaje de llantas.

En síntesis, el proyecto de Pagaza apoyado por el FIT desencadenó un proceso creativo, fructuoso y complejo: las metas planteadas por el ingeniero Pagaza se alcanzaron y fueron sobrepasadas, pues el diseño de las máquinas recicladoras, la generación de los prototipos, las pruebas y la puesta en marcha constituyen objetivos cabalmente cumplidos que, a su vez, produjeron una nueva oportunidad de negocios con los *chips* de llanta. Así, las innovaciones aquí descritas son solo una muestra del potencial tecnológico que puede desplegar un proyecto, sobre todo, cuando existen programas de apoyo gubernamental que incentivan y coadyuvan a multiplicar los esfuerzos de las pequeñas y medianas empresas.



La Asociación de Interés Colectivo de Responsabilidad Ilimitada de Productos Agropecuarios de la región de Plan de Arroyos (ARIC), perteneciente al sector agroindustrial, en el ramo de la biotecnología agrícola, se creó en 1983 con el objetivo de comercializar el café que se produce en la región.

En esta asociación rural, el ingeniero Esteban Rodríguez echó andar un proyecto apoyado por el Fondo Sectorial de Innovación Tecnológica de la Secretaría de Economía (SE) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), que consistió en establecer un centro de investigación en biotecnologías del café, para el estudio e innovación de la producción y los procesos productivos, orientado al desarrollo de nuevos productos y subproductos que eleven la competitividad de esta rama industrial.

Actualmente, la ARIC, ubicada en Plan de Arroyos, en el municipio de Tlapacoyan, cuenta con quince empleados administrativos, entre quince y treinta trabajadores del campo, y entre veinte y cincuenta auxiliares de campo, según la temporada.



Capítulo 8 CAFÉ CON SABOR A INNOVACIÓN

Por la mañana, la lluvia es apenas perceptible en la pequeña ciudad de Teziutlán, en el estado de Puebla. El viento cargado de humedad sopla como invitándonos a convivir con la naturaleza, a subir al monte y adentrarnos en una realidad compleja y enigmática que añoramos en el fondo. ¿Qué tanto sabemos de ese mundo exuberante en el que la vida brota por todas partes..., qué tan apartado está de nuestra condición de ciudadanos? Con esta idea en mente, tomamos el camino rumbo a Tlapacoyan, Veracruz, en el corazón de la Sierra Madre Oriental.

Llegamos de mañana a las oficinas de un grupo de productores agropecuarios, en Plan de Arroyos, que son parte de la Asociación de Interés Colectivo de Responsabilidad Ilimitada de Productos Agropecuarios de la región de Plan de Arroyos (ARIC). Ahí nos esperaban rostros amables y pacientes: el ingeniero José Esteban Rodríguez, quien es el responsable técnico del proyecto que motiva nuestra visita, y el contador Armando de la Cruz (conocido en la región como el Contador), responsable administrativo del proyecto. Ambos se muestran dispuestos a mostrar con cierto orgullo y humildad los avances tecnológicos que han logrado en su región.

En efecto, el objetivo de nuestro viaje es conocer las características y resultados de un proyecto apoyado por el Fondo Sectorial de Innovación Tecnológica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y la Secretaría de Economía (SE), para establecer un centro de investigación en biotecnología y realizar innovación de procesos, productos y subproductos con café. La lectura de los informes técnicos del proyecto, apoyado en 2007, nos permitió identificar un conjunto de externalidades o resultados adicionales que han contribuido a mejorar las condiciones de los agricultores de la zona y que queremos conocer.

Saber los secretos del café y el entorno natural que lo cobija amerita adentrarse aún más en la sierra para llegar a El Beneficio, situado en la localidad Plan de Arroyos; tener una pequeña reunión de bienvenida con algunos miembros de la asociación, y, de ahí, penetrar directamente en el campo para, como nos dijeron: “ver lo que hacemos”.

Avanzamos por un camino exuberante; luego, en medio de la sierra, observamos cómo los árboles y matorrales van desapareciendo y cediendo su lugar a grandes extensiones de monte con árboles de plátano que dominan el panorama. Se alcanzan a percibir algunas casitas desperdigadas a orillas de la carretera y, a medida que ganamos altitud, plantas de café en medio de los árboles de plátano.

¿Innovación en un poblado de la sierra?

La ARIC está situada en Plan de Arroyos, una población de aproximadamente dos mil quinientos habitantes, en plena sierra veracruzana. La asociación se constituyó en 1983, gracias al trabajo de algunos productores de café de los municipios aledaños: Altotonga, Tlapacoyan, Misantla, Jalacingo y Atzalan, y su principal función es la comercialización del café que se produce en la región.

“El objetivo principal desde el inicio, ha sido poder comercializar en mejores condiciones nuestro producto”.

El señor Luis Rodríguez Lara, actual representante legal de la asociación, nos cuenta que esta se formó por la inquietud e iniciativa de productores, ejidatarios y algunas instancias ejidales regionales, pertenecientes a cinco ejidos y tres sociedades de producción rural.

Actualmente, la ARIC cuenta con quinientos socios, sus representantes son rotativos y provienen de los propios ejidos, y es una empresa de carácter colectivo, cuyo propósito principal es el beneficio económico de los propios productores locales de café. La empresa se rige por la asamblea general de delegados, conformada por 32 miembros que nombra al consejo de administración. El señor Luis Rodríguez explica que, debido a que los delegados forman parte de los mismos ejidos, conocen la problemática y las carencias del campo: “El objetivo principal

desde el inicio, ha sido poder comercializar en mejores condiciones nuestro producto. La empresa funciona desde hace casi treinta años y se había mantenido operando con maquinaria vieja y obsoleta, hasta que nos vino la idea de incorporar nuevas tecnologías para mejorar nuestro producto”.

Sus miembros cuentan que el progreso tecnológico se manifestó como una necesidad en la mente de unos productores rurales de café, en medio de una región apta para vida natural, y aparentemente alejada del avance tecnológico y material. Cualquiera se preguntaría: ¿Innovación en un producto básico como el café? ¿En un poblado tan pequeño, en plena sierra, y con muchas carencias materiales? Conforme avanza la charla, vamos comprendiendo las razones que motivaron a estos agricultores a iniciar una transformación en sus cultivos y en su entorno, apoyándose primero en la compra de maquinaria moderna y, posteriormente, en el uso intensivo de conocimientos para innovar en la producción de café.

Sin estar plenamente conscientes del momento preciso en el que una idea tan disruptiva para el ambiente en el que se desenvuelven apareció por primer vez en la mente de algún productor (¿o varios?), y sin saber en qué momento la transformación de su entorno se convirtió en un requisito, la asociación de cafetaleros decidió dar un giro drástico a las formas tradicionales con las que, durante veinte años, habían producido café.

Su primer gran acierto fue rodearse de personas preparadas en el área administrativa, como es el caso del contador Armando de la Cruz, del administrador de empresas Noé Tirado, y del área técnica encabezada por el ingeniero Esteban, con la valiosa colaboración del ingeniero Méndez.¹ Todos ellos nos acompañan en esta visita y van opinando sobre los diversos temas de la charla.

Por iniciativa de la asociación, estas y otras personas encabezaron el proyecto de transformación del entorno, con base en ideas de progreso e innovación. Como dice Antonio Méndez: “Cualquier empresa necesita algo de profesionalización para lograr los objetivos que quiere. Hemos ido incorporando poco a poco gente preparada para aprovechar sus conocimientos y capacidades en el buen funcionamiento de la empresa”.

La etapa de modernización

Un primer momento del viraje tecnológico de la empresa surgió apenas hace algunos años. En 2007, por iniciativa del personal administrativo, la organización decidió solicitar recursos al FIT para modernizar la maquinaria con la que los productores de diversas regiones del estado procesaban el café.

Los apoyos monetarios del FIT fueron utilizados, primordialmente, en la sustitución de maquinaria rudimentaria y altamente contaminante. El Beneficio es el nombre de la nave industrial que utiliza la asociación y alberga la maquinaria necesaria para limpiar el café, separarlo y empaquetarlo. En este lugar, ubicado en el poblado de Plan de Arroyos, se dan cita los productores regionales de café, con sus correspondientes cargamentos, porque saben que recibirán un precio justo y razonable por su producto. El Contador menciona que el Beneficio no solo atiende



Maquinaria para el procesamiento del café.

¹ El ingeniero José Esteban Rodríguez fue el responsable técnico del proyecto que nos ocupa, y el ingeniero Antonio Méndez fue colaborador en el proyecto.

a los socios de la organización, sino también a otras comunidades de los municipios circundantes: “Se ha expandido mucho la cobertura. Hemos seguido la estrategia de fortalecer a todos los proveedores de la región, a cambio de que nos traigan su café”.

El proceso que se realiza en El Beneficio comienza cuando se deposita el café en bruto, previamente seleccionado en unas tolvas con agua que lo separan. Después, el café ya separado se traslada a una máquina despulpadora en la que, por medio de un sifón, se le quita la cáscara. La pulpa es transportada por una banda mecánica y es depositada en el patio para su aprovechamiento posterior. Una vez sin cáscara, el café se pone a fermentar y luego se lava y orea. Ya limpio y oreado, es transportado a los hornos, donde comienza el proceso de secado que dura, aproximadamente, dieciséis horas. Posteriormente, el café es trasladado a lo que se conoce como el beneficio seco, donde se vuelve a seleccionar, y se limpia mediante procesos mecánicos y automatizados. Finalmente, se le elimina la cascarilla y se clasifica por tamaño, color y forma. Ahí mismo se envasa y almacena.

A nosotros nos toca apreciar un proceso limpio y eficiente, pero el personal de la empresa nos cuenta que antes de introducir las nuevas máquinas, adquiridas con los recursos económicos otorgados por el FIT, el proceso era ineficiente. La separación del grano no era la óptima, el proceso era contaminante, ensuciaban gran parte del agua del río y se contaminaba también el aire del poblado. El ingeniero Antonio Méndez nos explica: “Antes, las despulpadoras eran *hechizas*, ibas a un taller y ahí te arreglaban unos fierros que adecuaban para el despulpe. Con el proyecto se adquirieron unas despulpadoras que se llaman Penagos y se traen de Colombia o Puerto Rico”.



Producción de fertilizante orgánico.

Preguntamos al ingeniero si las máquinas, además de ser más eficientes, eran amigables con el ambiente: “Sí, antes se contaminaba bastante el agua del poblado, se usaban unos treinta mil litros de agua en cada proceso; ahora se usa 10% de ese volumen y, además, ¡es renovable! Esa misma agua se reutiliza, ya que no está contaminada. El mismo grano ya sale sin pulpa, la cual se destina para el fertilizante orgánico. Sale también una cascarilla, llamada pajilla, que usamos en los hornos para el secado del mismo café, se está utilizando todo, ya no se desperdicia nada del café”.

Así pues, el financiamiento otorgado por el FIT contribuyó a diseñar un proceso de limpieza y secado del café más eficiente y, a su vez, ecológico. Los in-

tegrantes de la ARIC explican que las nuevas máquinas no solo evitan la contaminación del agua y el aire del poblado, sino también permiten convertir el desperdicio en insumos del mismo proceso. La pajilla es combustible para los tanques de secado, por lo que se minimiza el consumo de gas mientras que la pulpa se separa y es usada para la creación de fertilizantes orgánicos, que benefician el crecimiento de nuevas variedades de plantas de café, como veremos más adelante.

La ARIC ha logrado reducir al mínimo los desperdicios y el uso de recursos naturales, lo que es por sí mismo un resultado de gran importancia. “El agua que desecha la máquina despulpadora ya no se echa al río. Antes se contaminaba con la pulpa, pero con las nuevas tecnologías que se adoptaron ya no tenemos problemas con la CONAGUA, ni con la gente local”, remata el ingeniero Antonio. Ahora utilizan menos agua y ya no la contaminan.

Pero no solo se ha hecho más eficiente el llamado beneficio húmedo, también el beneficio seco ha mejorado con las nuevas tecnologías. Afirma el mismo ingeniero: “Tenemos también unas máquinas que se llaman tricométricas; estas máquinas detectan, mediante mecanismos electrónicos y ópticos, el café por su color, peso y calidad. Ya no es como antes, que se hacía la selección con una máquina de puro aire, ahora se puede separar el producto por la calidad”.

El uso racional de los recursos y el cuidado del ambiente justifican por sí mismos la introducción de nueva tecnología. Aunque no podemos planear que la maquinaria introducida corresponda con los modelos electrónicos y de control numérico más avanzados en el ámbito internacional, su uso y adecuación a las necesidades de los productores de café de esta región de Veracruz es una verdadera innovación, en tanto que las nuevas tecnologías han modificado radicalmente el proceso productivo, las condiciones del medio ambiente y hasta la visión que tienen los productores de propio café.

En efecto, lo más relevante para la ARIC es que la introducción de nuevas máquinas ha beneficiado la calidad de vida de los productores directos de café —sean socios o no de la organización—, pues el aumento en la calidad de su producto ha traído consigo mejoras económicas considerables. Dicho aumento en la calidad del producto, sin embargo, no solo es resultado de la introducción de maquinaria, sino de un proceso más ambicioso que tiene que ver con la implementación de mejoras en el ámbito de la biotecnología.

Las nuevas máquinas no solo evitan la contaminación del agua y el aire del poblado, sino también permiten convertir el desperdicio en insumos del mismo proceso.

Las semillas fueron germinando

¿En qué consistió el proyecto aprobado y financiado por el FIT? El objetivo principal fue el aprovechamiento del material vegetativo derivado de la propagación genética de plantas de café y otras especies de vegetales. El proyecto contó con tres vertientes principales:

- 1) Producción primaria, cuyos objetivos particulares fueron la propagación genética en toda la región de plantas mejoradas de café, en beneficio de los productores directos y la generación de un banco de germoplasma que sirviera como reserva genética de diversas variedades de café.
- 2) Agroindustria, que tuvo el objetivo de atender las necesidades de los productores mejorando toda la cadena de producción, mediante la adquisición de maquinaria sofisticada.
- 3) Finanzas, que consistió en ayudar a los productores a mejorar las condiciones de comercialización de su producto.

Para alcanzar estas metas, la ARIC siguió un conjunto de estrategias, como la incorporación de técnicos especializados y la vinculación con centros de investigación regionales. Se calculó que con el desarrollo de nuevos productos y procesos, a partir del proyecto apoyado por el FIT, los beneficios de la empresa aumentarían por lo menos 20% y generarían una importante reducción del impacto de sus actividades sobre el medioambiente.

Además de los resultados ya mencionados, se obtuvieron otros beneficios. Se logró, por ejemplo, la tecnificación de un centro de clones de café, que permitió obtener variedades altamente resistentes a las plagas regionales, certificadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Asimismo, se elaboró un libro técnico sobre la problemática y las tecnologías de producción del café en México, y se han organizado diversos foros y mesas de trabajo, entre los que destaca el Foro sobre Políticas Cafetaleras de la Ciudad de Tlapacoyan, en el que se reunieron más de doscientos productores. También se han establecido programas de capacitación del personal de apoyo que se encarga de la supervisión de las prácticas de adopción y de difundir las nuevas tecnologías genéticas entre los productores.

Quizá, el máximo logro alcanzado por esta asociación de productores no atañe a la introducción de maquinaria que modifica radicalmente el proceso de obtención y elección de los granos del café. Esta parte es solo un eslabón de una cadena más amplia de innovación relacionada con la modificación del fundamento mismo del sector: la planta de café.

Desde hace algunos años, con la guía del ingeniero Esteban, la asociación ha realizado un esfuerzo significativo para modificar las condiciones económicas de los productores de café, mediante el mejoramiento de su producto, ofreciéndoles

un paquete tecnológico que incluye la incorporación de plantas mejoradas, resistentes a las condiciones naturales de la región y a diversas enfermedades, las cuales son obtenidas mediante injertos de algunas variedades que se producen en los propios viveros de la organización.

¿En qué consiste el paquete tecnológico que ofrece esta empresa a los productores de café? El ingeniero Esteban Rodríguez explica que son varias cosas: “Por ejemplo, el mantenimiento del tejido vegetativo en los campos es muy importante, y se necesita quitar las plantas que ya no sirven, meter plantas nuevas”. Pero las plantas que incorporan son mejoradas, obtenidas por procesos de biotecnología básica, a partir del injerto de ciertas variedades que se probaron en campo.

Con los injertos, logran combinar ciertas características de una variedad, como las raíces largas, con las de otra variedad, como un tallo fuerte que soporte una gran cantidad de granos. “Apenas estamos iniciando con los injertos, tenemos cuatro años, hemos tenido resultados muy buenos, sobre todo, donde hay hongos que afectan a las plantas. Los injertos no son con fines de lucro, damos a los productores de café una planta de calidad al costo, como un servicio. La finalidad es darles todo el paquete tecnológico que hemos generado en la organización para que se beneficien económicamente”.

También utilizan abonos orgánicos que permiten el desarrollo favorable de dichas variedades de plantas, generados a partir del propio desperdicio del café



Plántulas injertadas de café.



Invernadero donde se realizan los injertos.



Lombricomposta.

y por medio de la creación de composta hecha con lombrices. El paquete comprende asesorías técnicas especializadas para el manejo sustentable de los productos en el campo.

Para lograr su cometido, la organización ha ideado una forma de incorporar a la gente de la región en las tareas de propagación tecnológica, como comenta el Contador: “La propia organización busca incorporar a gente que trabaja directamente en los ejidos, que conoce el campo y sabe de sus dolencias. El personal de la organización diseña las estrategias para que se apliquen las acciones en el campo y se lleva un seguimiento de las actividades y las necesidades”.

Al preguntar quién era esa gente, el ingeniero Esteban respondió que se trata de trabajadores del campo que participan en reuniones de capacitación práctica o verificación de las técnicas que se implementan. La capacitación no se desarrolla en aulas, sino en el campo y, a veces, asisten hasta cincuenta personas. Prosigue el ingeniero Antonio: “Son miembros de la comunidad que no cuentan con capacitación formal, pero que saben mucho de todos los trabajos de campo, han adquirido varios conocimientos con el ingeniero Esteban y conocen los problemas de sus fincas. Se les llama auxiliares de campo”.

En menos de un lustro, la ARIC ha generado e incorporado plantas mejoradas, incrementando así la calidad del café. Lo que, además, de traducirse en un beneficio inmediato, se convierte en una estrategia de largo plazo. Al respecto, el ingeniero Esteban comenta: “Hace cuatro años injertamos las primeras plantas y ahora ya contamos con nuestras propias plantas tipo. Mientras el precio del café sea bueno, cualquier planta te sirve, pero lo que buscamos es mejorar la calidad del producto para que, cuando el precio baje, los productores tengan mayores posibilidades de seguir vendiendo su café. Queremos, además, que la gente entienda que los fertilizantes químicos no son la panacea, y por eso estamos introduciendo fertilizantes naturales de material que se obtiene del propio desperdicio”.

Sin embargo, el éxito de este proyecto en el largo plazo depende de la receptividad de los productores para ir sustituyendo sus plantíos de café por las plantas mejoradas que se le ofrecen; lo que, a decir de los ingenieros, lleva tiempo: “La gente no está acostumbrada a usar cosas nuevas, hay que convencerla. El principal trabajo que se ha realizado es para que el productor adopte las actividades. En los abonos orgánicos se usa la pulpa, que es un desperdicio del café que antes contaminaba y ahora se utiliza para mejorar los suelos”.

Actualmente, la asociación produce trescientas cincuenta toneladas anuales de lombricomposta, que se utiliza para las plantas que se siembran en los viveros. Este abono, como comenta el Contador, se entrega a los productores: “Hay productores que ya realizan su propio abono, están adoptando la misma tecnología que vieron aquí, teniendo buenos resultados y evitando procesos de contaminación ambiental”.

Todos estos cambios en las formas de producir café avanzan con paso lento pero seguro; van germinando...

¿Qué planean para el futuro?

No cabe duda que los logros de la ARIC han sido muy significativos. Esta es una organización que ha logrado producir sus propios tipos de planta mejorada de café y diversos productos orgánicos complementarios. Asimismo, ha logrado transmitir a los productores locales el conocimiento para el uso y manejo del cultivo, por medio de una red de colaboradores que capacitan a los agricultores. El proceso de producción de café se ha vuelto más eficiente y sustentable gracias a la introducción de mejoras técnicas, ahorro de recursos y reutilización de desechos.

Además, la organización ha fomentado el uso de fertilizantes orgánicos con los productores de la región e, incluso, ha introducido otras plantas que funcionan como reguladoras de plagas en las plantaciones de café. Explica el ingeniero Esteban: “Estamos viendo la posibilidad de tener plantas insecticidas y fungicidas para que la organización genere sus propios insecticidas orgánicos en forma de polvos. También estamos tratando de reforestar con especies de árboles maderables que den sombra a las plantas de café”.



Nuevas plántulas de café.

Además de la semilla mejorada y su abono orgánico, la ARIC ha concebido un banco de germoplasma para, eventualmente, convertirse en proveedora de semilla. Y, por si fuera poco, hay otro resultado de los procesos orgánicos que espera aprovechar: un líquido derivado de la lombricomposta. El ingeniero Esteban explica que la lombricomposta genera constantemente un líquido que se desperdicia: “pero lleva mucha calidad de nutrimentos y se puede convertir en fertilizante líquido para el café. Ahora lo estamos aprovechando con los plátanos”.

Como puede apreciarse, el proceso de innovación implementado por esta asociación de cafetaleros continúa, tal como la naturaleza misma florece y se ramifica por doquier. Los procesos son lentos y se necesitan mayores recursos, expresan nuestros interlocutores; pero su voluntad de prosperar no cede. Igual que el campo, su voluntad reverdece con cada cosecha.

La última parte de nuestro recorrido es quizá la más gratificante. Viajamos de El Beneficio al monte para visitar los viveros que han construido con capacidad para miles de plantas. Nos muestran las distintas variedades con que experimentan y recibimos una explicación del proceso para injertar unas con otras. Ciertamente, las instalaciones no se comparan con las de los laboratorios de biotecnología de vanguardia que

existen en otros estados del país, pero creemos que la efectividad de sus procesos y la calidad de sus productos es similar.

Visitamos también las pilas de lombricomposta que crecen cada año, en las cuales el desperdicio se convierte en material aprovechable. Recorremos los terrenos que darán lugar al banco de germoplasma y observamos las plantas de café destinadas a la generación de semilla mejorada. Nos muestran cómo se colocan las plantas que sirven como proveedoras naturales de nutrientes o insecticidas; o cómo deben trazarse los surcos que drenan el exceso de agua.

Incansable, Esteban nos invita a conocer otro de los viveros que ya tienen, indicándonos que la expansión es una clave del éxito. Nos explica con paciencia y con pasión cada uno de los procesos. Su discurso revela tanto sus conocimientos científicos como sus sentimientos hacia la naturaleza.

Con esta visita, hemos sido testigos de un proceso donde la biotecnología se ha convertido en fuente de cambios sustantivos. El ingeniero Esteban es depositario



Invernadero de la cooperativa en Tlapacoyan, Veracruz.

del conocimiento que ha impulsado los cambios; él ha sabido combinar su formación académica con la experiencia práctica de trabajar todos los días en el monte, al lado de los productores. Todos ellos conocen su entorno: tierra que irradia fertilidad y que les da sustento. Y por eso, es necesario preservarla. En este breve recorrido, los miembros de la ARIC nos compartieron un poco de su mundo y pudimos palpar los resultados de su proyecto de innovación o, más bien, de lo que podríamos llamar ecoinnovación.

Aquí, entre tantos cerros teñidos de verde, conocimiento y tecnología han sido utilizados para modificar el ciclo vital de unas plantas de café —con buenos resultados—, en un afán por delinear un futuro más próspero para la gente de la región.

Amenaza la tormenta y la neblina aparece misteriosa y desafiante, para anunciarnos que es el momento de regresar. Dejamos atrás el monte, convencidos de que, en el proceso que llamamos innovación, es posible aprovechar los recursos de la naturaleza y evitar su deterioro. Al menos así ocurre en este recóndito poblado que acabamos de visitar.



Minera Río Tinto S. A. de C. V., fundada y dirigida por el ingeniero Mario Ayub, es una empresa localizada en Chihuahua, cuya rama es la exploración y la explotación mineras. Sus productos principales son los polimetálicos —plomo, zinc, cobre, oro y plata— y su mercado lo constituyen distintas empresas fundidoras y de fertilizantes. En la actualidad, cuenta con doscientos veinte empleados.

El proyecto “Diseño, modelamiento y prueba piloto para el proceso de lixiviación de óxidos de cobre provenientes de minerales de baja ley” que presentó al Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) le permitió fundar un laboratorio de investigación que ha sido uno de los elementos clave de su éxito.

LA MINERA RÍO TINTO APRENDE A EXPLOTAR LOS YACIMIENTOS DEL CONOCIMIENTO

Cuando se habla de las evidentes ventajas competitivas de la innovación con la finalidad de promover su práctica, suelen tomarse como ejemplo las empresas relacionadas con las tecnologías de la información —por su rápido crecimiento en los últimos años— o las firmas del sector farmacéutico —cuyos avances en la medicina genómica están revolucionando los tratamientos y el combate a las enfermedades—. Sin embargo, pocas veces volteamos la mirada a sectores tradicionales como el extractivo. En México, como en muchos países en desarrollo, algunos recursos naturales son extraídos del subsuelo para hacer funcionar buena parte de la economía nacional.

Estamos en el norte del país, en la ciudad de Chihuahua, a más de cuarenta grados de temperatura, esperando entrevistar a los encargados de la Minera Río Tinto. Esta empresa, fundada a principios de los noventa, ha mostrado ser innovadora introduciendo un nuevo proceso, que le permite ser más flexible que otras empresas del ramo y reaccionar rápidamente ante nuevas oportunidades de mercado. En el sector minero esto es algo poco común, y bien podría servir de ejemplo para que otras empresas mexicanas destaquen en este ramo dominado actualmente por empresas canadienses, producto de la fuerte inversión extranjera que ha proliferado en los últimos años.¹

Un sector tradicional

Visitamos una pyme que por su tamaño difiere de lo que suele encontrarse en este sector, pues la actividad exige contar con vasta infraestructura, mucho personal y grandes inversiones para extraer los minerales. Desde una ventana de las oficinas se aprecia un gran patio, donde descansan monumentales piezas de metal, maquinaria de todo tipo y varias edificaciones que sirven de talleres y almacenes: se trata de las instalaciones del laboratorio de la Minera Río Tinto, una edificación que la compañía

¹ Según la Secretaría de Economía, la inversión extranjera directa (IED) pasó de 0.5 millones de dólares, en 2002, a 380.3 millones, en 2008, mostrando así una rápida expansión en los últimos años.

destina para sus actividades de investigación y desarrollo, y donde nacen sus nuevos proyectos.

Encontrar una minera con su propio laboratorio es algo poco común en esta industria, a menos que sean grandes empresas, como Grupo Peñoles y Grupo México. Una pyme no suele involucrarse en actividades de investigación que lleven al descubrimiento de nuevos procesos metalúrgicos o en buscar otras alternativas para ser más competitivos explorando en el conocimiento científico y explotando capacidades tecnológicas. Así que aquí narraremos la historia de una empresa que nos resulta poco convencional, precisamente en un sector tradicional y de tanta historia para el desarrollo del país como la minería.

Nos recibe el ingeniero Mario Ayub, dueño de la empresa. En la sala de espera están colocados grandes estantes donde hay mapas de las zonas evaluadas para la explotación de minas; también hay libros, cascos de protección y pedazos de roca cargados de mineral. Cuarzos, sulfatos y otros metales se amalgaman mostrando combinaciones de colores vidriados y destellos metálicos. Este muestrario recuerda el tipo de negocio al que se dedica la empresa: extraer riqueza de las entrañas de la tierra.

Con la aparición de economías emergentes, como China, Rusia, Brasil y la India, la demanda internacional de metales ha aumentado.

La empresa es una de las cincuenta firmas mineras registradas en el estado de Chihuahua. El sector ha sufrido caídas de productividad en las últimas décadas, asociadas a cambios en los precios internacionales de varios metales. Sin embargo, con la aparición de economías emergentes, como China, Rusia, Brasil y la India, la demanda internacional de metales ha aumentado, y con ello la minería ha vuelto a ser una actividad importante, incluso rentable, para algunas regiones de tradición minera como Chihuahua.²

Con una historia familiar de origen minero, el ingeniero Ayub se considera un apasionado de la minería. Lleva la vocación de origen, desde las minas familiares que conoció cuando niño. Mientras sus hermanos encontraron futuro en otros negocios, él permaneció fiel a la tradición y creó Minera Río Tinto como su proyecto profesional. Desde entonces ha estado al frente de la empresa en sus épocas de bonanza, y también de crisis, como las que han afectado de manera recurrente al sector, castigando los precios de los metales en dos tiempos: al inicio de los noventa y a mediados de la década pasada.

Durante este periodo, muchas empresas de tamaño pequeño y mediano sucumbieron ante la crisis. Aunque el primer embate dejó sobrevivir a algunas, el segundo fue

² Según el censo económico 2009 del INEGI, el estado de Chihuahua ocupa el segundo lugar nacional en producción minera de oro, plata, plomo y zinc, además de contar con 20% de las empresas del sector.

un tiro de gracia. En las últimas décadas la explotación minera redujo notablemente sus niveles productivos y varias pymes se retiraron, dejando prácticamente el sector a grandes empresas, como los citados grupos México y Peñoles, y más recientemente a las empresas canadienses. Por ello, es de reconocerse que una empresa minera de condiciones más modestas haya sobrevivido durante este periodo de depresión del sector, continúe con su labor y esté creciendo gracias a los beneficios de la innovación, como veremos más adelante.

La minería puede considerarse un sector tradicional de la economía mexicana, quizá el más tradicional de todos si consideramos que existe desde la época colonial. La actividad minera distinguió la economía nacional y le dio relevancia en otras partes del mundo por sus ricos yacimientos de mineral. El estado de Chihuahua posee grandes reservas de mineral que han sido explotadas desde hace casi cuatrocientos años; la fundación de varias de las principales ciudades del estado fueron en sus orígenes asentamientos mineros, su bonanza ha marcado la historia, la arquitectura y naturalmente la identidad de los chihuahuenses durante varias generaciones.

En el transcurso de varios siglos, la innovación tecnológica en la industria minera mexicana ha ocurrido en varias ocasiones; algunos de los avances tecnológicos de mayor impacto ya sucedieron hace tiempo y se han podido difundir hacia la industria, como por ejemplo el uso de maquinaria automática, la flotación del mineral y la extracción por solventes, que hoy son prácticas muy difundidas. En años recientes se mejoraron las técnicas de extracción y algunos de los conocimientos que permiten explotar con mayor eficiencia y productividad los yacimientos de mineral, haciendo que hoy el grueso de las empresas produzcan con métodos estandarizados y con técnicas similares.

Sin embargo, Minera Río Tinto ha descubierto nuevos procesos extractivos, ampliando con ello sus alternativas de negocio, a pesar de la competencia que representan las grandes mineras mexicanas y canadienses; razón por la cual queremos contar su historia.



Proceso de excavación de la mina.

Competir con conocimiento en un sector tradicional

El ingeniero Ayub es una persona grande y alta, como las del norte, de voz grave y pausada, con pocas palabras dice todo —el acento norteño lo delata—. Sobre las principales ventajas de Minera Río Tinto y su capacidad para sobrevivir comenta: “El fuerte de esta empresa es la metalurgia,³ (...) nuestro distintivo siempre ha sido identificar procesos que nos permitan abrir mercados y explorar nuevas oportunidades (...) Tener la capacidad de hacer cosas diferentes fue por lo que pudimos permanecer en el negocio en los años más difíciles, que fueron de 1998 a 2006 (...), ocho años en que no sabíamos ni qué (...) hacer”.

Recordando lo que hicieron en aquellos años agrega: “Nos dedicamos a productos muy especializados, a nichos de mercado en otras industrias, como calcinas de zinc vendidas a plantas de fertilizantes;⁴ después mejoramos el proceso y lo vendimos a fundiciones directamente. Lamentablemente, el depósito se agotó, pero ese fue el puntal durante el tiempo de la crisis que nos permitió tener ingresos suficientes para mantener las operaciones de otras áreas que no estaban trabajando y tomar otras oportunidades que a la larga fueron muy benéficas”.

Tener la capacidad de hacer cosas diferentes fue por lo que pudimos permanecer en el negocio en los años más difíciles.

En efecto, aprendieron a explorar nuevos negocios y salir de su zona de confort; la necesidad los llevó a experimentar con nuevas alternativas metalúrgicas, aprovechando las capacidades de su propio laboratorio. Esa habilidad de experimentación en química metalúrgica les permitió salir a flote, mientras otras empresas del sector —fieles a sus actividades y mercados habituales— tuvieron que abandonar el negocio cuando se cayeron los

precios. “Dos veces estuve a punto de dejar la minería, de decir no es por ahí. Pero uno tiene la vocación minera y por eso permanecemos, aunque en realidad salimos del paso al encontrar procesos diferentes para abrir mercados nuevos”, comenta el ingeniero.

En 2008 sometieron el proyecto “Diseño, modelamiento y prueba piloto para el proceso de lixiviación de óxidos de cobre provenientes de minerales de baja ley” al

³ La metalurgia es una rama de la ingeniería química que es la base para hacer las separaciones de los elementos en las rocas, y que, en este caso, también puede ser empleada para obtener otros derivados químicos con demanda en otras industrias.

⁴ Se trata de un subproducto extraído del mineral por solventes que puede ser utilizado en empresas que consumen productos químicos, como es el caso de los fertilizantes e insecticidas. La empresa se dedicó a esta actividad como medida temporal para obtener algunos ingresos durante el periodo de crisis, pero no desarrolló una línea de negocios sobre estos subproductos.

Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) de la Secretaría de Economía (SE) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), con la finalidad de perfeccionar la lixiviación de cobre mediante un agente de ácido clorhídrico en lugar de ácido sulfúrico, lo que representa una innovación en recuperación de mineral por extracción de solventes.

A realizarse durante dos años y medio, con una inversión total estimada de 3160 000 pesos, el proyecto constó de cuatro etapas:

1. Diseño a escala de pilas de lixiviación, considerando diferentes relaciones de tamaño de partícula, altura y espesor de la grava.
2. Pruebas comparativas de extracción de cobre mediante un agente de lixiviación con ácido sulfúrico versus otro con ácido clorhídrico.
3. Evaluación de las condiciones cinéticas de extracción del cobre y sus posibles interacciones con otros metales que pudiesen afectar la optimización de la extracción.
4. Aplicación del diseño optimizado en pruebas de escala industrial con 30000 toneladas y verificación conforme modelos de predicción de la recuperación esperada de cobre, mediante la nueva técnica de lixiviación con ácido clorhídrico.

El proyecto consistió en explorar una nueva técnica para capturar el metal deseado una vez extraída la roca de las minas. Se trata de un proceso químico en el que usualmente se utilizan tinas de ácido sulfúrico, donde se deposita la roca y se espera la separación de los componentes. En esta ocasión, se hizo la prueba utilizando un ácido diferente, pues los precios del ácido sulfúrico habían subido tres veces su valor, y bajo esas condiciones la extracción de cobre no era rentable.

Decidieron probar con ácido clorhídrico, un insumo de menor precio, pero no se sabía con certeza su eficacia. El único referente que pudieron encontrar fue una tesis en la que se afirmaba que su uso teóricamente era posible, aunque todavía no se había probado en el tipo de amalgamas de roca, cobre y otros componentes que tenía la mina en cuestión. Faltaba hacer la prueba a escala industrial y comprobar su efectividad, así que, antes de experimentar, consultaron a expertos en Estados Unidos y encontraron a un investigador que ya había hecho el intento, pero sin tener éxito. “Así que nos dieron a entender: si no pudieron solucionarlo unos gringos inteligentes, menos unos prietos tontos”, comenta el ingeniero Ayub, en tono de broma.



Contenedores para la extracción química del material.

Con los conocimientos y experiencia del ingeniero Carlos Aguilar, quien es el encargado del laboratorio, se lanzaron a la tarea de experimentar nuevas opciones. Después de dos años de pruebas regresaron con la gente de Estados Unidos y les presentaron el proyecto de manera confidencial, revisaron juntos los cálculos y encontraron que, según las pruebas hechas aquí en México, sí era viable continuar la lixiviación de cobre con ácido clorhídrico. Este fue el proyecto con el que participaron ante el FIT y ahora, gracias a la experimentación y el aprendizaje obtenido, cuentan con un proceso adicional de extracción diferente al método tradicional con ácido sulfúrico conocido por toda la industria. Así la empresa cuenta con un método poco común que puede utilizar como alternativa para buscar mejor relación costo-beneficio, lo cual le da mayor flexibilidad operativa si los precios de los insumos vuelven a cambiar, algo muy probable en un negocio de precios volátiles como los de la minería, que están sujetos a los cambios caprichosos de los mercados internacionales de materias primas.

Reacciones ante un entorno volátil e incierto

Al aprovechar los residuos químicos de los procesos de extracción por solventes, que sirven como posteriores insumos para la elaboración de fertilizantes e insecticidas, Minera Río Tinto pudo incursionar en otras industrias, como la de insecticidas y fertilizantes, rompiendo así con el mercado tradicional.

El ingeniero Aguilar —igualmente alto y llano para hablar— nos explica la utilidad del laboratorio: “Pues mira (...) el dueño se considera un apasionado de la metalurgia, le invierte mucho a los proyectos medio locos que se nos ocurren, pero que al final —la mayoría— nos han dado resultados. El laboratorio nos da una buena plataforma de desarrollo: podemos responder a un proyecto en menos tiempo, alrededor de tres meses, en comparación con los tiempos de un año de otras mineras que no lo tienen”.

En la minería, los proyectos productivos cuentan con tres fases: exploración, extracción y beneficio. En la primera se



Vista de la mina en la sierra de Chihuahua.

hace una estimación del yacimiento con ayuda de geólogos. Con ello se calcula la cantidad de mineral que puede existir debajo de la tierra o en un cerro. La estimación también permite conocer qué otros componentes se encuentran en los yacimientos, muchas veces amalgamados al mineral que interesa extraer. Cada combinación es única y a estas formaciones rocosas las llaman especies. “Además, los

yacimientos pueden variar en forma y composición de un metro a otro. Al final no tienes plena certeza de lo que te vas a encontrar, y por eso debes investigar con muestreos de barrenación, que sacan un núcleo del tipo de amalgama y la profundidad a la que se encuentra”.

El proceso de mapeado de una zona de explotación tiene un costo elevado: “Cada barreno cuesta normalmente ciento cincuenta dólares y, según el ingeniero Aguilar, se requieren alrededor de diez mil barrenos para tomar decisiones sobre la explotación de un yacimiento: “esto es tan solo para decidir si conviene o no el proyecto (...), es posible que después de toda la inversión decides que no vale la pena porque no tienes las técnicas de procesos químicos para extraer esa clase de amalgamas”.

El comentario anterior nos permite inferir que los proyectos en la minería son de largo plazo: se requiere hacer pruebas en diferentes partes de un terreno para identificar el potencial de extracción del mineral. El ingeniero Aguilar nos explica que, mientras otras empresas mineras mandan las pruebas de las amalgamas a laboratorios externos, Minera Río Tinto gana tiempo en esa fase del proceso, pues cuenta con su propio laboratorio. De esta forma, puede tomar la decisión de explotar o no en menor tiempo y, si la decisión es negativa, buscar en otra zona.

La segunda fase se refiere a la explotación y también implica diversos costos: se deben trasladar el equipo y las herramientas, crear infraestructura para los mineros, llevar diversos insumos químicos para el procesamiento de la materia que se extrae. Todo eso implica altos costos para las empresas mineras, según comenta el ingeniero Aguilar, y añade que la inversión se recupera por lo general a los cinco años.

Al respecto, nos preguntamos qué pasa si los precios cambian, ya sea los de los insumos o inclusive el del mineral que se explota. “Es cierto, nada está garantizado: por eso tenemos una ventaja para reaccionar rápidamente. El laboratorio nos permite hacer las valuaciones con mayor presteza; además, contamos con varios procesos químicos que no suelen tener otras empresas y que nos ayudan a ajustar el porcentaje costo/beneficio. Si un insumo es caro, podemos brincar a otro, o de plano investigamos la forma de usar algo distinto. Ahora estamos interesados en buscar formas de extracción con base en mezclas alcalinas en vez de ácidas”, nos responde el ingeniero.

Pero además de su laboratorio, la empresa ha establecido relaciones de buena vecindad y colaboración con el Servicio Geológico Nacional ubicado en Chihuahua, muy cercano a las instalaciones de Minera Río Tinto: “No, si no fue casualidad, se

Nada está garantizado: por eso tenemos una ventaja para reaccionar rápidamente. El laboratorio nos permite hacer las valuaciones con mayor presteza.

compró este terreno con toda la intención de tenerlos cerca y, como puedes ver, están cruzando la calle. Tenemos una colaboración constante y, si hace falta, nos prestamos equipo, reactivos, materiales, etcétera”.

No podemos dejar de preguntarle cómo hicieron para tener esa relación tan estrecha con dicha institución: “Con treinta burros. Me tomó treinta burros de carne asada⁵ romper el hielo, un sábado les dije vénganse a los burros y desde ahí nos tomaron confianza”.

La relación con el Servicio Geológico Mexicano ha evolucionado con el tiempo; en un principio, los metalurgistas de la Minera Río Tinto hacían distintas pruebas de caracterización con ellos, principalmente cuando aún no contaban con el laboratorio. Ahora, colaboran compartiendo equipo para pruebas, reactivos y consultas técnicas de todo tipo; para cierto tipo de pruebas, el laboratorio de la empresa tiene mayor *expertise*.

El laboratorio es un lugar amplio que no dista mucho de lo que se puede encontrar en otras industrias, con excepción de que en él se construyen algunos de los equipos de pruebas, adaptando algunas máquinas. Ahí se diseñan y ajustan los equipos para resolver las necesidades que requieren los experimentos. Los ingenieros no solamente aplican sus conocimientos de química, sino que también deben desarrollar algo de ingeniería mecánica.

Durante nuestra visita, encontramos jóvenes ingenieros a cargo del laboratorio bajo la instrucción del ingeniero Aguilar. Las universidades locales no forman metalurgistas, un conocimiento clave para las capacidades y flexibilidad de Minera Río Tinto por lo que la capacitación se hace en la empresa. Los ingenieros egresados de las universidades cercanas toman un curso elaborado expresamente para la empresa por un doctor en metalurgia de Estados Unidos.



Prototipo y pruebas de lixiviación con ácido clorhídrico.

Al momento de la visita tenían seis nuevas reclutas, todas mujeres. Ellas fueron los promedios más altos de su generación; para el ingeniero Aguilar, contratar mujeres no representa problema alguno, algo poco común en las empresas mineras. El dueño de la minera sabe que el recurso humano es fundamental en cualquier empresa, y más cuando una fuente central de su competitividad es la aplicación de conocimientos científicos y tecnológicos. Por eso, la capacitación interna de los universitarios recién egresados es una inversión que vale la pena asumir.

⁵ Se refiere a una comida habitual en el norte del país que consta de una tortilla de harina de trigo con un guisado o carne. Es un platillo poco elaborado que por su facilidad se encuentra en puestos de comida ambulantes y representa una de las principales comidas de los obreros en el norte del país.

Explorando vetas para el futuro

La clave de la empresa Minera Río Tinto reside en sus capacidades de experimentación y el uso que dan a la ciencia aplicada. El proyecto apoyado por el FIT es una clara muestra de que la empresa ve el negocio de otra forma: no es una empresa que solo excava la tierra para extraer metales, lo importante es aprovechar el conocimiento que le permite agregar valor y tener respuestas competitivas para los diferentes riesgos que implica la exploración y explotación mineras.

Quizá lo anterior tiene que ver con algo que está presente en la idiosincrasia del minero. La minería es arriesgada en varios sentidos y el minero que se jacte de serlo debe aprender a lidiar con el riesgo. No se sabe con certeza qué se puede encontrar debajo de la tierra, como tampoco se sabe en qué medida podrá explotarlo, ni cuánto metal podrá extraer. Dados los cambios en las vetas de mineral y en los precios de los mercados, la incertidumbre y el riesgo son importantes.

Los recursos otorgados por el FIT permitieron dar un importante salto cualitativo a la Minera Río Tinto. Una vez construido el laboratorio, la empresa aprendió a realizar varios procesos químicos con los cuales identificar mejor las posibilidades de explotación de diversos minerales. Con la inversión en el laboratorio se lograron varias cosas: mejorar los procesos de extracción de minerales, acortar los tiempos de exploración y explotación de las minas, así como tener mayor flexibilidad a la hora de encontrar yacimientos poco prometedores y certidumbre cuando se comprueba su potencial riqueza.

Con la inversión en un laboratorio de investigación y desarrollo, esta empresa descubrió una nueva veta, que es la aplicación de conocimiento y tecnología para mejorar los procesos de extracción y diversificar los usos de algunos derivados de los minerales. Hoy, la Minera Río Tinto sabe que esta veta es inagotable.

Esta empresa descubrió una nueva veta, que es la aplicación de conocimiento y tecnología para mejorar los procesos de extracción y diversificar los usos de algunos derivados de los minerales.



Proceso de transportación y acumulación del mineral.



El Ingenio la Gloria S. A., situado en la parte sur de la región cañera XIII de la costa de Veracruz, nació de lo que fuera un trapiche que producía piloncillo y aguardiente en 1917; a partir de 1947, se conformó como sociedad anónima y, en 1980, fue entregado al gobierno federal e integrado a la Comisión Nacional de la Industria Azucarera. Luego, en 1988, fue desincorporado y adquirido por Promotora Industrial Azucarera S. A. de C. V. Finalmente, en 1993 pasó a manos de Servicios Azucareros del Trópico, S. A. de C. V., que lo modernizó y amplió para aumentar su productividad: al año, produce unas 180 000 toneladas de azúcar estándar y 30 millones de litros de alcohol de 96°. Cuenta con una plantilla de trescientos obreros en tiempo de zafra y de ciento ochenta en tiempo de reparación, más ciento cincuenta integrantes de personal administrativo.

Certificado con la norma ISO 9001:2000, se enfoca en la estandarización y medición de sus procesos para mejorar la calidad final de sus productos.

INGENIO LA GLORIA Y EL BIOETANOL: UNA VENTANA DE OPORTUNIDAD PARA MÉXICO

La creciente preocupación mundial sobre las consecuencias negativas de la actividad industrial sobre el medio ambiente representa una oportunidad importante para la innovación. Las tecnologías limpias se están convirtiendo rápidamente en una alternativa viable para contrarrestar la gran dependencia actual del uso de hidrocarburos como fuente de energía y el deterioro ambiental.

El etanol como forma alternativa para producir energía se encuentra entre las apuestas de tecnología limpia más importantes en la actualidad. ¿Cuáles son sus ventajas? Además de que su uso como combustible genera menos emisiones de dióxido de carbono que los combustibles tradicionales, su importancia fundamental es que proviene de una fuente renovable y prácticamente inagotable en la naturaleza: la biomasa vegetal, particularmente la celulosa presente, en distintas proporciones, en todas las plantas.

Aunque, con la utilización de las enzimas adecuadas, el proceso de fermentación que se requiere para la producción de etanol puede aplicarse a cualquier materia vegetal, hasta ahora las fuentes tradicionales han sido, en primer término, la caña de azúcar y, en algunos países, el maíz y el betabel, entre algunos otros vegetales.

En realidad, la industria del etanol presenta enormes posibilidades de desarrollo, de acuerdo con la plática que sostuvimos con el doctor Sergio Trejo Estrada, del Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada (CIBA-Tlaxcala):¹ “En la actualidad, las empresas de energía, de producción de petróleo, de enzimas, de ingeniería industrial, de celulosa y muchas otras muy importantes a nivel mundial están muy interesadas en involucrarse en la producción de etanol, debido al gran futuro que se vislumbra”. Así, esta tecnología abre una importante ventana de oportunidad para nuestro país.

¹La información sobre el proyecto financiado por el Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) que aquí presentamos fue proporcionada por el doctor Sergio Trejo, principal promotor del proyecto, realizado entre Ingenio la Gloria y CIBA-Tlaxcala. A su cargo estuvo la organización, dirección y coordinación del grupo de trabajo de investigación científico-tecnológico. El ingeniero Seoane, director general del Ingenio la Gloria, apoyó y colaboró activamente en el desarrollo del proyecto.

Otra de las ventajas del uso de biocombustibles como el etanol es que pueden ser fácilmente adaptados a la infraestructura actual utilizada para el suministro de los combustibles fósiles, sin pérdidas considerables de energía, a diferencia de otras fuentes de energía alternativas como la eólica, la térmica o la hidroeléctrica.

Aunque actualmente las distintas tecnologías eléctricas representan una opción importante, aún deben superar problemas técnicos relacionados con la eficiencia de almacenaje, ya que se pierde una parte importante de energía durante el proceso de transmisión a los dispositivos que la contienen, además de que se requiere de una inversión considerable en infraestructura para conferir viabilidad a su uso (por ejemplo, en el caso de los automóviles).



Fábrica de alcohol Ingenio la Gloria S. A.

Pues bien, debido a sus propiedades físicas y químicas, estos dos problemas se reducen significativamente con el uso de etanol como combustible alternativo, ya que puede ser almacenado y distribuido prácticamente con los mismos medios con los que contamos actualmente. De hecho, la tecnología del etanol es a tal punto compatible con los combustibles fósiles que actualmente se mezclan algunos componentes etílicos con las gasolinas tradicionales para conferirles mayor eficiencia y reducir los niveles de contaminación ambiental. Esta compatibilidad es importante porque una reconversión tecnológica potencial ocurriría con menores costos que con cualquier otra fuente de energía, por ejemplo, la eléctrica.

Todas las características mencionadas y las oportunidades que representan estas nuevas fuentes energéticas deben ser aprovechadas lo más pronto posible, para así poder desarrollar su potencial. Dichas oportunidades ya han sido identificadas por algunos mexicanos. Ejemplo de ello es el proyecto “Bioetanol industrial. Desarrollo de procesos para la producción de hidrolizados fermentables a partir de lignocelulosas de gramíneas tropicales” llevado a cabo por Ingenio la Gloria y el CIBA-Tlaxcala con apoyo del Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) de la Secretaría de Economía (SE) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

La tecnología al servicio de la comunidad

¿En qué radican las oportunidades de innovación en la producción de biocombustibles para el caso de países como México? Sin lugar a dudas, más allá de las mejoras en el proceso de obtención de etanol, la principal fuente de innovación proviene de la experimentación con nuevas formas vegetales que por su abundancia o por sus características de adaptación y supervivencia puedan ser cultivadas de manera eficiente

en ciertas zonas geográficas. La tarea fundamental consiste en la realización de pruebas experimentales que determinen los mejores procesos para la obtención de biocombustibles en función de la materia vegetal local.

Tomando en cuenta lo anterior, una ventaja adicional del desarrollo de biocombustibles en contextos como el mexicano, es que puede tener un impacto considerable en las condiciones de vida de un sector importante de la población, específicamente de aquella dedicada a las labores agrícolas. La investigación de nuevos materiales para la producción de etanol no solo puede contribuir a la revaloración de algunas materias primas renovables —como ciertas agaváceas o gramíneas para las que existen condiciones favorables en nuestro país—, sino también a la incorporación de un número importante de campesinos en actividades ecológicas, ya que el desperdicio que surge de algunos procesos agrícolas también puede ser fermentado para la producción de alcohol. En ambos casos puede constatarse una revaloración importante del trabajo y de los productos agrícolas que repercute en una mayor generación de valor en este sector y una mejora sustancial de las condiciones de vida de los trabajadores del campo.

Al respecto, el doctor Trejo piensa que la producción de bioetanol tiene un efecto multiplicador: “Genera un mayor número de empleos, ya que se pueden retener más productores en el campo, y nuevas unidades productivas y tecnológicas de alta intensidad. Lo que debería ser suficientemente atractivo para que hubiese un programa nacional en este tema”.

Otra interrogante fundamental surge a partir de este contexto: ¿en qué medida nuestro país puede aprovechar la ventana de oportunidad que brinda el desarrollo y uso de tecnologías limpias? México cuenta con una enorme ventaja para la producción de biocombustibles, pues es uno de los países con mayor biodiversidad en el mundo, distribuida en un extenso territorio, lo que lo posiciona como un potencial competidor en el mercado de biocombustibles.

Pero la generación de un sector importante de biocombustibles en México depende de los vínculos que logren desarrollarse entre las empresas dispuestas a invertir en tecnologías emergentes y los institutos e investigadores dedicados al descubrimiento y mejora de nuevos procesos y materiales vegetales. Es un sector propicio para que empresas tradicionales realicen actividades de investigación. “No solo son empresas nuevas las que están entrando a la investigación y desarrollo de etanol, en muchos casos son esfuerzos de reconversión productiva, por ejemplo, empresas que produ-

“[La producción de bioetanol] genera un mayor número de empleos, ya que se pueden retener más productores en el campo, y nuevas unidades productivas y tecnológicas de alta intensidad”.

cían papel y celulosa y que debido a la caída de ese mercado se han visto obligadas a buscar nuevas oportunidades”, nos dice el doctor Trejo.

Es precisamente en este contexto en el que las actividades de investigación de empresas como el Ingenio la Gloria resultan muy relevantes para el desarrollo de la innovación en México. Es claro que en esta materia la clave no radica exclusivamente en la disponibilidad de recursos naturales, pues un factor aún más importante consiste en los vínculos y sinergias que puedan desplegarse entre actores productivos que fomenten el proceso de innovación.

El lazo entre la producción de azúcar y los biocombustibles en los ingenios es casi natural, ya que, como se ha mencionado, una de las principales fuentes de celulosa

para la obtención de etanol es la caña de azúcar. No obstante, debido a que en México está prohibida la producción de biocombustibles a partir de la caña de azúcar y de maíz, el reto para la empresa fue la búsqueda de nuevos materiales vegetales relacionados con la producción de caña de azúcar.

En nuestro país la exclusión de la caña de azúcar y del maíz en la generación de biocombustibles obedece a motivos económicos y ambientales.

Resulta importante mencionar que en nuestro país la exclusión de la caña de azúcar y del maíz en la generación de biocombustibles obedece a motivos económicos y ambientales. En efecto, uno de los grandes problemas en la producción mundial de etanol es que, cuando no se encuentra regulada, puede contribuir con la deforestación de extensas zonas tropicales para dedicarlas al cultivo —como en la actualidad ocurre en Brasil—, lo que contrarresta los efectos benéficos del uso de combustibles no contaminantes para la mejora del medio ambiente.

Otro de los efectos contraproducentes es que, ante los incentivos económicos positivos, extensiones de tierra cultivable dedicada al consumo humano puedan destinarse a la producción de biocombustible, poniendo en riesgo el abasto de alimentos.

¿Vincular o no vincular? El eterno problema de la innovación

Uno de los más graves problemas para la generación de una dinámica innovadora en México ha sido la falta de comunicación y conectividad entre los académicos y los empresarios. El FIT, junto con otros programas del CONACYT, plantean esquemas de vinculación entre empresas grandes o *atractoras*, centros de investigación, universidades y pequeñas empresas innovadoras. El proyecto que relatamos en este capítulo es un ejemplo de los incentivos a la vinculación, aprovechados por Ingenio la Gloria y el Instituto Politécnico Nacional (IPN).

Sin embargo, establecer relaciones de colaboración se ha tornado un proceso difícil y lleno de distintos tipos de barreras: ¿Quién es el indicado para establecer la relación? ¿Es la academia la que debe acercarse a la industria o viceversa? Para el doctor Trejo, en el caso de la biotecnología, esto no debería representar un dilema, pues la investigación biotecnológica se encuentra totalmente ligada a su aplicación.

Probablemente esta idea sea resultado de la trayectoria personal del doctor Trejo, que desde muy joven se relacionó directamente con los problemas de la industria a través de su trabajo en el desaparecido Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas (IMIT). Allí aprendió a trabajar bajo el esquema de grupos colaborativos multidisciplinarios, que respondiendo a un proyecto específico conjuntaban conocimientos y capacidades para dar respuestas rápida y eficientemente a las demandas de distintas industrias, a diferencia de lo que suele ser el trabajo en las universidades, donde imperan ciertas líneas de investigación y no se adaptan fácilmente al ritmo industrial.

Desde sus primeras experiencias, el doctor Trejo aprendió a trabajar bajo esquemas colaborativos, que más tarde, al finalizar sus estudios de posgrado, volvería a poner en práctica —por un corto tiempo— en el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada (CICATA) y también en su paso por la industria, gracias a una beca posdoctoral. Pero siempre mantuvo la inquietud de formar un centro similar al IMIT, que funcionara como célula productiva orientada a responder a demandas externas para desarrollo tecnológico. Sin embargo, nos comenta que “es complicadísimo hacer tecnología vinculada, es muy difícil, por más que el discurso de las universidades o de los organismo públicos vaya en ese sentido, aún siguen habiendo muchos impedimentos”. Más tarde, el doctor Trejo participó como fundador del CIBA-Tlaxcala, por lo que propugnó constantemente por la formación de un grupo de investigadores altamente calificado, pero dispuesto a trabajar bajo el esquema de proyectos colaborativos y multidisciplinarios orientados a la agroindustria.

Gracias a la experiencia que adquirió en el IMIT, dentro de un proyecto con Bacardí, el doctor Trejo pudo integrarse tiempo después a una iniciativa del gobierno del Distrito Federal sobre etanol y nuevas energías —Petróleos Mexicanos (Pemex), Banco Nacional de Crédito Rural (BANRURAL), Instituto Mexicano del Petróleo (IMP)— para determinar cuánto etanol se puede poner en gasolinas. La finalidad era sustituir el oxigenante usado actualmente, derivado del petróleo (MTDE ETDE), con características altamente volátiles y carcinogénicos con alta solubilidad en el agua, lo que lo convierte en algo muy contaminante para los mantos freáticos, de ahí que su sustitución fuera provechosa y benéfica para la sociedad y el medio ambiente. Según su opinión:



Fermentador ubicado en instalaciones de Ingenio la Gloria, S. A.

“No hay forma de evitar que en el futuro próximo, me refiero a la próxima década, todo el mundo esté utilizando etanol carburante o etanol combustible porque no hay otra forma de energía portátil renovable que tenga el impacto económico, laboral y social que tiene la producción de alcohol, (...) además, el uso de etanol puede ser totalmente compatible con el sistema de producción, distribución y almacenamiento de los combustibles fósiles”.

Los dos principales productores de etanol a nivel mundial son Estados Unidos y Brasil, países que lo obtienen de orígenes distintos y le dan usos diferentes: el primero lo utiliza como carburante y lo obtiene de los almidones de maíz, mientras que Brasil lo usa como combustible, obteniéndolo del jugo de caña. En el pasado, México buscó aprovechar el jugo y la miel de caña, intentando emular lo que había desarrollado Brasil, sin embargo no prosperó. Por eso, años más tarde la atención científica se centraría en proyectos para obtener etanol de celulosa, o lo que se llama *alcohol de segunda generación*.

Por una serie de coyunturas, la investigación en el país se detuvo hasta que el doctor Trejo logró establecer un nuevo proyecto sobre fermentaciones y sabor con Grupo Barcardí. Gracias al vicepresidente técnico de esta empresa en aquel momento, entabló relación con José Seoane Castro, director general del Ingenio la Gloria. La relación entre ambos tenía la finalidad de resolver un problema de fermentación, que además permitiría incrementar la productividad. A raíz de esta *vinculación*, Seoane terminó confiando en el proceso de colaboración y en los conocimientos del doctor Trejo, pues, como este nos comenta, “los industriales mexicanos son muy reacios a buscar ayuda para solucionar sus problemas técnicos o tecnológicos, y muchas veces confían más en asesores o consultores extranjeros que en los investigadores nacionales; y sobre todo los buscan para solucionar cosas muy específicas, no para comprometerse en programas de investigación conjuntos de largo plazo”.

Gloriosa innovación...



Pruebas en fermentador de 200 litros.

Los resultados obtenidos gracias a esa primera colaboración motivaron a José Seoane a establecer una relación más cercana con el doctor Trejo, pensando en proyectos tecnológicos más ambiciosos. Así surgió la propuesta de aprovechar las convocatorias del FIT con un proyecto sobre celulosa construido conjuntamente.

El proyecto consistió en la generación de protocolos reproducibles de hidrólisis de lignocelulosas de gramíneas silvestres de alta presencia en zonas agrícolas y marginales de las áreas de influencia, accesibles para la operación de cosecha del ingenio. Además, se realizaron protocolos de hoja de caña para encontrar el mejor tejido potencial, analizar los rendimientos de azúca-

res de cada material, determinar las cepas factibles para el proceso, poner en marcha la operación de una planta piloto a escala para producir biomasa vegetal y, finalmente, desarrollar una serie de medios de cultivo de bajo costo que incorporaran hidrolizados, melazas y jugos para mejorar la producción de etanol por fermentación y sus respectivos evaluación y escalamiento.

El sistema de precios del azúcar en México es particular,² lo que ha obligado a los ingenios a tecnificarse para tener utilidades ante una caña de azúcar muy cara. Lo anterior ha permitido a los azucareros y a los ingenios como La Gloria estar en la frontera productiva de la industria y ha sido un punto de partida para contar con capacidades tecnológicas básicas relevantes capaces de realizar el proyecto de bioetanol industrial.

Este proyecto se conformó con un comité técnico del ingenio, un grupo de investigadores del CIBA-Tlaxcala y estudiantes de posgrado para acercarse a la investigación internacional en la producción de alcohol de segunda generación con el uso de celulosas, que es el material más abundante de la tierra.

Convertir celulosa en alcohol significa tener una fuente ilimitada de energía de forma económica y eficiente, sin afectar las tierras cultivables, tanto en proporción de terreno, como en el uso de productos como el maíz o la caña de azúcar para la producción de etanol. Aunque esto en términos legales no puede ocurrir en México debido a la Ley de Biodiversidad y a la Ley de Bioenergéticos, que prohíben el uso de los dos productos. Lo que implica que la producción de etanol en el país debe realizarse a través de otros insumos. En el contexto internacional esto ha sido muy relevante, ya que como dice el doctor Trejo: “El mundo se encuentra en una

“El mundo se encuentra en una verdadera carrera tecnológica por producir etanol de forma eficiente y económica a través de alcoholes de segunda generación”.

verdadera carrera tecnológica por producir etanol de forma eficiente y económica a través de alcoholes de segunda generación; pero en México parece no importar demasiado, a excepción de algunas investigaciones en el IMP, el INIFAP [Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias] y el IPN. Pero sin olvidar que en el país no contamos con los recursos que en otros lugares se han invertido”.

Al momento de establecer el proyecto, se dieron cuenta de que no era posible utilizar los subproductos de la caña de azúcar, ya que el bagazo, por ejemplo, es generalmente usado como fuente de energía para la maquinaria. Entonces, se concentraron en las gramíneas, que en ocasiones son contaminantes inducidos, pues muchos tipos de

² Se paga al cañero una cantidad ligada al precio del azúcar estándar en el país, además de que hay un pago por calidad de caña.

ellas se introdujeron para convertir ciertas zonas en pastos forrajeros y a lo largo del tiempo se transformaron en una amenaza para las plantaciones de caña, lo que comúnmente se conoce como *maleza*.

Así, decidieron formular un proyecto que buscara las malezas de suelos del golfo de México que permitieran producir alcohol y celulosa. A través de todo un proceso de recolección, secado y aplicación de diversas pruebas, llegaron a la conclusión de que dos variedades eran las mejores para la obtención de etanol. Al mismo tiempo, comenzaron un proceso de transferencia a través de la construcción de un reactor que permite hacer pruebas, no a nivel muestral, sino con cincuenta kilos de materia prima; lo que representa una planta piloto para tratamiento con enzimas o ácidos y alta presión, entre otras técnicas, única para dicho fin en el sector privado mexicano, financiada por el FIT.

La infraestructura disponible en el ingenio, como las calderas (con suficiente potencia para generar la presión), facilitó en gran medida la instalación del reactor y la realización de las pruebas necesarias; de manera que el ingenio se convirtió en el laboratorio del proyecto.³

Un resultado indirecto fue la reciente conformación de una red de investigación tecnológica de bioetanol, a través del programa de CONACYT conocido como AERIS (siglas de Alianza Estratégica y Redes de Innovación), en el cual participan empresas como ENMEX —proveedora de enzimas—, Metco —proveedora de levaduras—, Generatoris —responsable de la construcción de la planta piloto—, Marort —encargada de servicios especializados— y una empresa de agro que ya ha hecho pruebas sobre la producción de etanol.

Se espera que en el corto plazo este consorcio dará origen a por lo menos quince proyectos relacionados con la producción de bioetanol. A su vez, se aprovechará la infraestructura creada gracias al proyecto del FIT para realizar las pruebas necesarias para algunos productos previamente seleccionados. El resultado permitirá a México tener un mapa de materias primas y procesos asociados para la producción de etanol.

El doctor Trejo afirma que en la red de bioetanol que lograron formar “es necesario generar mucho conocimiento, mucha comunicación, capital humano especializado capaz de llevar a la práctica los desarrollos, e inversionistas arriesgados.”

³ Para operar dicho reactor y realizar las pruebas de laboratorio fue necesaria la contratación de dos estudiantes de posgrado.

representa la primera semilla para la potencial generación de un sector de biocombustibles en México.

La importancia de esta empresa radica en su disposición para mejorar sus procesos y diversificar sus productos a partir de actividades de innovación. Como nos dice el doctor Trejo: “El Ingenio la Gloria tiene una visión empresarial innovadora de largo plazo en la continuidad y están dispuestos a apostarle a nuevas inversiones. [Gracias a] esto, en conjunto con la gran contribución del FIT, es que se ha podido lograr una liga permanente o de largo alcance entre empresas grandes *atractoras*, centros de investigación y pequeñas empresas innovadoras”. Como se ve, el Ingenio la Gloria no solo es un ejemplo de empresa mexicana que invierte en procesos de investigación y progreso en áreas prioritarias para el desarrollo nacional, sino también de vinculación con el sector académico.



Pruebas a nivel laboratorio y reactores Parr.

El futuro de México y los biocombustibles

La investigación relacionada con la producción de etanol es probablemente la más dinámica a nivel mundial, la biotecnología aplicada en este campo es la que ha recibido mayores inversiones y donde hay más organismos internacionales de gran envergadura involucrados. ¿Cuál es el futuro del bioetanol en México? El doctor Trejo responde: “A pesar de las oportunidades, México está como anestesiado, estamos muy lejos de tener una conciencia de que la producción de biocombustibles es un área tecnológica donde se puede competir, no tanto por la abundancia de materia prima, sino gracias a la abundancia de sol”.

Sin embargo, podemos considerar que la vinculación entre el Ingenio la Gloria y el CIBA a través del doctor Trejo ha significado un paso importante en la generación de un sector de bioetanol en México. El principal logro de esta dinámica colaborativa, además de la construcción del laboratorio en el propio ingenio, ha sido el conocimiento sobre distintos tipos de materias primas potencialmente utilizables en la producción de etanol. Ingenio la Gloria cuenta hoy con la infraestructura industrial y científica adecuada para investigar y desarrollar bioetanol.

A partir de la experiencia de vinculación con el Ingenio la Gloria, ¿cuáles son las acciones que debe seguir México para consolidar un sector importante de biocombustibles? Según el doctor Trejo, “lo que necesitamos es formar un programa nacional de biotecnología, que no necesariamente debe estar en manos del gobierno, sino que puede ser resultado de las propuestas de empresas de biotecnología que sean interlocutoras permanentes con el gobierno y la sociedad. Que haya continuidad a pesar de los cambios de administración para cumplir con los objetivos planteados como industria”.

En este proceso, los centros de investigación son muy importantes, pero no sustituyen la iniciativa de las empresas, por lo que el doctor Trejo considera que se deben modificar algunas de las reglas de las universidades o centros de investigación: “tal vez pensar en mecanismos de confidencialidad que incentiven a las empresas a patrocinar estudiantes mediante el financiamiento de proyectos conjuntos, en los que el estudiante aprenda y haya beneficios para la empresa”. Esto traería un doble beneficio para los estudiantes, ya que estarían altamente profesionalizados y podrían desempeñarse en la academia o en la industria.

El Ingenio la Gloria es un ejemplo de cómo incursionar en un sector emergente de gran importancia a nivel mundial, a partir del conocimiento de científicos preocupados por la solución de problemas reales y de la experiencia empresarial consolidada a lo largo de los años en actividades tradicionales.

Coincidimos con los responsables de este exitoso proyecto en que el país debe concentrar sus esfuerzos y políticas para incrementar la producción de etanol



Planta piloto en Ingenio la Gloria, S. A.


aprovechando la biomasa que existe en nuestro territorio, y así disponer de por lo menos el 30% de este combustible para su incorporación en gasolinas. Con ello, en el futuro se podrán reducir las importaciones provenientes de Brasil y de Estados Unidos, con la consecuente reducción de los costos que impactan en la producción de gasolinas y que indirectamente inciden en el alza de precios de muchos productos que consumimos los mexicanos.



En 1990, el licenciado Pedro Jiménez González fundó Idear Electrónica, una empresa dedicada a la consultoría en materia de transporte y creadora del Sistema de bitácora electrónica automotriz (BEA), que detecta, registra, recupera y procesa flujos de información referentes a los desplazamientos de las unidades de transporte y a los movimientos de ascenso y descenso de personas u objetos.

En 1999, Idear Electrónica quedó formalmente constituida con un área de investigación y desarrollo y con BEA como la marca comercial de sus productos. En 2002, creó el primer sistema de tarjeta inteligente de diseño y fabricación mexicanos para transporte urbano. En 2005, obtuvo el primer apoyo de los fondos sectoriales del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), y, en 2007, el del Fondo de Innovación Tecnológica (FIT).

Actualmente, la apuesta de negocio de la empresa es el ofrecimiento de productos y servicios articulados en torno a tres dimensiones que le darán la oportunidad de responder a las necesidades futuras del transporte urbano: *hardware, software y humanware*.



TECNOLOGÍA PARA EL TRANSPORTE CON FUTURO: IDEAR ELECTRÓNICA

Capítulo 11

Hace más de veinte años, el licenciado Pedro Jiménez González, fundador y actual director general de la empresa Idear Electrónica S. A. de C. V, comenzó a vislumbrar la ocasión de un posible negocio: aportar soluciones vinculadas con la carencia de información confiable en torno a los sistemas de transporte. El mayor potencial radicaba en una alternativa tecnológica que facilitara la adquisición y gestión de datos, para poder tomar decisiones de manera eficaz y eficiente, algo fundamental para la administración y operación de cualquier sistema de transporte, independientemente de su complejidad, es decir, sin importar que dicho sistema esté constituido por una sola ruta con autobuses homogéneos, o varias rutas con diferentes autobuses.

La idea que el licenciado Jiménez tenía sobre este posible negocio se fue conformando y afinando a lo largo de su vasta y diversa trayectoria profesional, que abarca tanto el ámbito público como el privado. Durante dieciocho años, su formación académica en ciencias políticas y administración le permitió ejercer su profesión en la administración pública, a nivel federal y en el estado de Jalisco, en áreas vinculadas con el diseño y la implementación de programas y proyectos de transporte urbano. Fue presidente de la Comisión de Tarifas de Transporte del Estado de Jalisco, coordinador del proyecto de la línea 1 del tren ligero de la ciudad de Guadalajara y gerente de transporte del Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos. En su cargo como coordinador, visitó diferentes ciudades de Alemania, con el fin de conocer sistemas de transporte urbano que ponderaban la generación de datos relevantes como recaudación, eficiencia, seguridad, densidad de flujos, etcétera —además, la tecnología desarrollada en el país germano podía ser aplicada en la ciudad de Guadalajara—. Como gerente se encargó de la gestión de la primera línea de crédito ante el Banco Mundial para desarrollar el transporte urbano en México durante la década de los ochenta.

En 1990, fundó una empresa dedicada a la consultoría en materia de transporte, a la cual se encomendó la tarea de realizar el estudio tarifario del transporte de la ciudad de México. Al llevar a cabo esta labor, el licenciado Jiménez descubrió que no había información que le permitiera definir la rentabilidad de las rutas según los

patrones de uso, situación que dificultaba la obtención de elementos conclusivos para la toma de decisiones en materia de asignación de subsidios y financiamiento público de infraestructura de transporte.

“Necesitábamos tecnología para generar datos a bordo de los autobuses [...] saber cuántos viajes da un autobús, cuántos kilómetros recorre y dónde se sube y se baja la gente”.

Su experiencia profesional le permitió conocer las diferentes aristas del complejo sistema de transporte en México, caracterizado por la manifestación de particularidades organizativas y tecnológicas diferenciadas a lo largo y ancho del territorio. De dicha experiencia, el licenciado rescata el imperativo de contar con instrumentos para obtener información confiable, y afirma sobre el sistema de transporte urbano en México: “no generaba información confiable, necesitábamos tecnología para generar datos a bordo de los autobuses [...] saber cuántos viajes da un autobús, cuántos kilómetros recorre y dónde se sube y se baja la gente”.

De acuerdo con el licenciado Jiménez, en México imperaba un modelo pragmático, basado en la mezcla de diferentes modos de transporte y distintos tipos de concesión, resultado de soluciones coyunturales, carentes de una visión moderna e integral de servicio público. Dicho modelo, por tanto, demandaba soluciones tecnológicas que facilitaran la transición hacia una alternativa integral, con implicaciones y efectos como los siguientes, en la conformación de la red de movilidad del transporte urbano:

- Calidad y confiabilidad del servicio.
- Número y gravedad de los accidentes viales.
- Costos operativos y administrativos.
- Ingreso tarifario, subsidios y rentabilidad.
- Calidad de vida de los usuarios.

Buscando las respuestas tecnológicas

Las complejas redes de transporte urbano requieren de información confiable para su gestión, pero el contexto que define la dinámica competitiva de este tipo de transporte en México se caracteriza por la coexistencia de empresas públicas subsidiadas, empresas privadas y los denominados *hombres-camión*; además, las condiciones de operación implican, entre otras cosas, programas de planeación truncados por los periodos de gobierno y modelos que mezclan diferentes modos de transporte (autobús, trolebús, metro, microbús, camionetas, etcétera). ¿Cuál es la solución tecnológica más adecuada para este problema?

Considerando lo anterior y ponderando las demandas de información surgidas de la experiencia de transición hacia la opción de prepago, como base para construir un nuevo modelo con una red de movilidad pública intermodal, líneas troncales, rutas de autobuses convencionales interconectadas y un sistema tarifario integrado, el fundador de Idear Electrónica se acercó al Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV), unidad Guadalajara. La finalidad de este primer contacto fue discutir la posible solución conceptual hallada con investigadores especialistas en control automático, diseño electrónico y telecomunicaciones, con el fin de verificar su viabilidad tecnológica.

Desde un principio, la iniciativa para diseñar y desarrollar el prototipo de una bitácora electrónica automotriz que permitiera la adquisición, almacenaje y gestión de datos del transporte urbano encontró eco en el CINVESTAV, pero la primera cotización que se hizo para el desarrollo del sistema superaba la capacidad de financiamiento del proponente, el licenciado Jiménez. Posteriormente, con base en la valoración del potencial atribuido al proyecto planteado, se acordó que el emprendedor buscaría y proporcionaría todos los equipos y componentes necesarios para el desarrollo de la tecnología, reduciendo los costos de modo considerable.

De este modo inició el proyecto colaborativo entre el emprendedor y el equipo de investigación del CINVESTAV, en el que la comunicación directa entre ellos fue fundamental para sortear las problemáticas técnicas y económicas que obstaculizaban el proceso de desarrollo.

Finalmente, aunque con cierto retraso respecto a la planeación original, el resultado obtenido fue un prototipo de sistema de procesamiento de datos de transporte, que contemplaba la incorporación de diversos sistemas periféricos para monitorear los parámetros.

El paso a seguir era conjuntar un equipo de ingenieros electrónicos encargados de mejorar el prototipo con soluciones más acordes para el registro de los datos, y de plantear las bases para la producción a mayor escala de los productos diseñados. En torno a este proceso, el licenciado Pedro Jiménez comenta lo siguiente: “No se trataba de partir de cero, sino de implementar en unidades individuales soluciones tecnológicas que ya se aplicaban en otros sistemas de transporte con rutas confinadas, como el metro”.

En esta etapa previa de exploración tecnológica, específicamente en 1995, se logró obtener la patente del Sistema de bitácora electrónica automotriz (BEA). Las funciones

La iniciativa para diseñar y desarrollar el prototipo de una bitácora electrónica automotriz que permitiera la adquisición, almacenaje y gestión de datos del transporte urbano encontró eco en el CINVESTAV.

de este sistema se enfocan en el monitoreo automático para la supervisión de unidades de transporte, que permite detectar, registrar, recuperar y procesar flujos de información referentes a los desplazamientos de la unidad y a los movimientos de ascenso y descenso de personas u objetos.

El nacimiento de la empresa

En 1999, Idear Electrónica quedó formalmente constituida con un área de investigación y desarrollo y con BEA como la marca comercial de los productos fabricados. La empresa surgió con la convicción de que las soluciones ofrecidas al mercado coadyuvaran a mejorar los componentes para la modernización exitosa y sustentable del transporte urbano, planteados por el licenciado Pedro Jiménez (Diagrama 11.1).

Diagrama 11.1. Los seis componentes para la modernización exitosa y sustentable del transporte urbano



Licenciado Pedro Jiménez
González, D. R. 2007.

Dichos componentes incorporan una serie de elementos de carácter institucional, organizativo, tecnológico y de infraestructura que, operados ordenadamente, conducen a una relación armoniosa entre la demanda de movilidad pública y la red de líneas y rutas constituida.

Desde sus inicios, Idear Electrónica incorporó como elementos clave de su visión de negocio la modernización y reingeniería de las rutas y de la red de movilidad pública mexicana, las cuales implicaban el tránsito de un modelo organizativo desarticulado y conflictivo; es decir, sustentado en el amontonamiento de empresas, rutas y autobuses —hacia uno en el que cada ruta estuviera organizada con base en procesos operativos y administrativos racionales e integrados—, un modelo cuyo objetivo es cumplir un programa de servicio y alcanzar una rentabilidad adecuada.

Un factor que se ponderó desde el principio fue que el formato de prepago funcionara como herramienta base para la articulación de la red de transporte, en el marco del nuevo modelo propuesto, que involucra la incorporación de tecnologías disponibles. Al respecto, el director de Idear Electrónica señala que “ningún servicio público puede aspirar a un mínimo de control de calidad y rentabilidad sin la utilización de las modernas tecnologías de la información y la comunicación. El transporte urbano necesita de tecnologías de control de la operación en tiempo real y de los sistemas inteligentes de prepago”.

Una primera prueba piloto de los equipos prototipo del sistema BEA se realizó en dieciocho unidades de transporte en la ciudad guanajuatense de Irapuato. De esta primera experiencia en la aplicación, se obtuvo retroalimentación vital para el desarrollo exitoso de los productos subsecuentes. En particular y en conjunto con el cliente, se detectaron dieciocho puntos específicos de mejora. Una vez que los requerimientos fueron atendidos, se fijó una tarifa por los equipos y el servicio proporcionado para su gestión; lo que derivó en una relación comercial de confianza recíproca entre el proveedor y el cliente.

Dadas las características del proceso de desarrollo del prototipo inicial, la empresa nació con un vínculo natural con el CINVESTAV, que se reflejó en colaboraciones tecnológicas posteriores en su etapa de expansión. De igual forma, en la región tapatza, se encontró el entorno productivo apropiado para localizar a los proveedores de componentes o a algún contacto que facilitara la relación con ellos, fuera del estado o del país. Al mismo tiempo, se logró reclutar recursos humanos con formación adecuada en las disciplinas requeridas, estructurándose, incluso, esquemas de cooperación con el área de diseño electrónico del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), campus Guadalajara, y con la Universidad de Guadalajara en proyectos de diversificación de negocios.

Por lo anterior, el fundador asegura, categóricamente, que difícilmente hubiera encontrado las mismas condiciones para la concreción de su idea emprendedora en otro lugar.

“Ningún servicio público puede aspirar a un mínimo de control de calidad y rentabilidad sin la utilización de las modernas tecnologías de la información y la comunicación.”

El despegue de la empresa: aplicación exitosa en León, Guanajuato

El proyecto que se reconoce como detonante de una incipiente trayectoria de crecimiento para la empresa fue el convenido con Transporte Francisco Villa, empresa de

transporte que opera en la ciudad de León, Guanajuato. Dicho convenio representó una oportunidad para escalar la capacidad de producción instalada, pues se requería producir 1853 equipos BEA, aplicados a la modernización de las rutas de León. Estos equipos incorporaban mejoras definidas de acuerdo con las primeras experiencias de aplicación, que gradualmente fueron conformando un sistema eficiente.

Establecer las condiciones propias de un proceso de gestión moderno y eficiente no es un resultado que se pueda alcanzar solamente con la puesta en servicio de los equipos, también se necesita de una serie de ajustes y modificaciones de índole organizacional, debido a que la operación del paquete tecnológico se basa en la concepción e instrumentación de los incentivos adecuados. Al mismo tiempo, deben producirse cambios en el comportamiento de los operadores, despachadores y personal directivo.

Esta cuestión va más allá de proporcionar la capacitación técnica pertinente para el uso correcto de los nuevos equipos, ya que, tanto los

operadores del transporte (inspectores y choferes) como los usuarios del mismo han ido generando conductas y rutinas de uso de autobuses que, a veces, reflejan tensiones o dinámicas contradictorias: en ciertos casos, no se sabe si la ruta de un autobús corresponde a las necesidades de desplazamiento de los ciudadanos, o si los ciudadanos han tenido que acomodarse a los itinerarios definidos por el transportista.

La relación como proveedor del servicio con las rutas Francisco Villa incluyó una asesoría de reingeniería tecnológica y organizacional que permitía, entre otras cosas:

- garantizar que las instalaciones estuvieran acondicionadas para asegurar la producción de un servicio de calidad y una adecuada eficiencia y rentabilidad;
- establecer un programa de estandarización de marcas de camiones para reducir costos de mantenimiento y asegurar que pernoctaran en un sitio, para un mayor margen de control;

Establecer las condiciones propias de un proceso de gestión moderno y eficiente no es un resultado que se pueda alcanzar solamente con la puesta en servicio de los equipos, también se necesita de una serie de ajustes y modificaciones de índole organizacional.

- proporcionar al taller de mantenimiento todos los equipos y herramientas adecuadas;
- asegurar que el personal estuviera certificado por la armadora, lo que posibilita hacer las reparaciones sin afectar la garantía;
- asegurar que el almacén esté en contacto directo con los proveedores de refacciones, para asegurar el suministro oportuno;
- implantar cambios en la política de personal, como establecer un esquema de sueldo semanal fijo, definir una cuota de personal de reserva, subsidiar la alimentación a los choferes y proporcionar áreas de recreación;
- y equipar a todos los autobuses con el Sistema BEA, que permite el monitoreo de RPM, velocidades, adelantos y atrasos, y conteo de pasajeros.

De manera paralela al diseño y producción de los equipos, Idear Electrónica trabajaba en el desarrollo del *software* para la gestión de los datos proporcionados por el Sistema BEA, con uno de los programas implementados para elaborar las guías y preparar los boletos de los conductores. Con este esquema de control, se garantiza que el conductor presente sus declaraciones de venta y del servicio prestado —información que se compara con la del monitoreo electrónico BEA—, y se facilita la inspección a bordo de los camiones.

Así, la persona despachadora-analista tiene información del programa de servicio viaje por viaje, correspondiente a cada uno de los días de la semana. Al recibir el reporte del viaje realizado, lo evalúa y, salvo anomalías graves, le indica al conductor la hora exacta de su nuevo viaje. Un minuto antes de su hora de salida, el conductor se presenta ante el despachador-analista del servicio para confirmar su salida o para hacer su replazo oportuno.

Por medio de un equipo de radio, se detecta la llegada del autobús y se transfieren los datos correspondientes del viaje (equipos similares se ubicaron en toda la ruta para consignar la hora de paso de todos los autobuses). Para ello, previamente se realizaron las gestiones necesarias con el municipio, a fin de que se otorgaran las facilidades para la instalación de los equipos en los postes de los semáforos o del alumbrado público.

El análisis, en consecuencia, se basa en la comparación de los datos reportados por el conductor con la información generada por la computadora a bordo del autobús. De esta manera, se evalúa si el viaje corresponde a lo programado y se cuantifica y califica el desempeño del conductor.

El análisis se basa en la comparación de los datos reportados por el conductor con la información generada por la computadora a bordo del autobús.

Los resultados de la implantación de este nuevo sistema se reflejaron de inmediato en la calidad del servicio y en el control de la recaudación, que se incrementó aproximadamente un 30%, meta difícil de alcanzar sin el manejo pertinente de los componentes sociales y organizativos, asociados a cualquier cambio tecnológico, pues, para que la tecnología operara de forma adecuada, se requirió de la modificación de un sistema de incentivos que había privilegiado el fomento de conductas individuales de los operadores que obstaculizaban el control y la mejora operativa.

La ruta hacia el éxito



Torniquete controlado mediante tarjeta inteligente.

Fiel a la directriz tecnológica establecida, Idear Electrónica consiguió desarrollar, en el año 2002, el primer sistema de tarjeta inteligente de diseño y fabricación mexicanos para transporte urbano. Lo que coincidió con la entrada en operación del programa para el transporte sustentable en la ciudad de México, que contemplaba el diseño y construcción de un sistema de autobuses rápidos, denominado Metrobús, con características similares al sistema TransMilenio, que operaba desde el año 2000 en la ciudad de Bogotá, Colombia.

La empresa realizó las gestiones necesarias para conseguir el contrato y suministrar los dispositivos de torniquetes controlados por tarjeta inteligente de prepago que se instalarían en las estaciones de la línea 1 del Metrobús, la cual comenzó a operar en 2005. El acuerdo incluyó la producción, instalación y puesta en servicio de las máquinas de compra y recarga de las tarjetas de prepago.

Posteriormente, Idear Electrónica participó en el concurso para la licitación de la línea 2 del Metrobús, compitiendo con empresas líderes a nivel mundial en este tipo de sistemas, que ofrecen equipos modulares que integran productos de diferentes fabricantes. Idear Electrónica elaboró, entonces, una propuesta que suponía correr riesgos importantes, por contemplar el diseño de todos los componentes y equipos incorporados en el producto final e incluir la habilitación de torniquetes de entrada y salida, las garitas para personas con capacidades diferentes y el desarrollo del *software*. Lo anterior significaba requerimientos de alta complejidad para la gestión del sistema, que suponían más de doscientas mil operaciones diarias de carga, venta, incidencias en el uso de tarjetas, etcétera.

Finalmente, la empresa vio recompensados sus esfuerzos al ganar la licitación de la línea 2 y logró implementar una solución integral que iba más allá de la venta y puesta en servicio de los equipos, pues se trató de la prestación de un servicio concesionado de recaudo y control de accesos. Sobre las bondades de la participación de la empresa en este esquema de concesión, el licenciado Pedro Jiménez señala: “El hecho de convertirnos en operadores de nuestra propia tecnología nos dio una retroalimentación que no te da el cliente cuando solo le vendes un producto. Esto nos permitió entrar en un proceso de aprendizaje muy acelerado”.

Esta etapa de crecimiento se caracterizó por su alta demanda de recursos económicos, motivada por el desarrollo de procesos de innovación; por ello, el acceso al financiamiento público resultó fundamental. El primer acercamiento de la empresa a los fondos sectoriales del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) fue en el año 2005, cuando logró conseguir un apoyo para el proyecto “Tecnologías estratégicas para la modernización del transporte urbano”, en el marco del extinto Fondo para el Desarrollo Económico Economía-CONACYT.

Posteriormente, en la convocatoria 2007 del Fondo de Innovación Tecnológica (FIT), logró obtener el apoyo para el proyecto “Diseño y desarrollo de prototipos de equipos para control del ingreso tarifario de usuarios en el transporte urbano y suburbano”.

El licenciado Jiménez reconoce que los apoyos han sido relevantes tanto por la aportación de recursos adicionales como por el acortamiento de los ciclos de innovación y del logro de las metas, que hubieran sido difíciles de alcanzar con los esfuerzos aislados de la empresa. Asimismo, los apoyos públicos para los proyectos permitieron captar capital humano de alta cualificación para las actividades de investigación y desarrollo de la empresa.

En particular, el apoyo otorgado por el FIT se enfocó al desarrollo de productos con alta factibilidad técnica y comercial en un esquema integral, donde cada uno puede funcionar independientemente o en un sistema modular, según los requerimientos.



Sistema integral de control de acceso.

Estos productos, además corresponden a las tendencias tecnológicas mundiales en el mercado del transporte urbano. Los desarrollos obtenidos con este apoyo fueron:

- Un centro de control para manejo de datos de transporte en tiempo real.
- Dispositivos de cobro con tarjeta inteligente.
- Equipos para la venta y recarga de tarjetas.
- Dispositivos con aplicaciones de GPS y GPRS para gestión y control de sistemas de transporte suburbano con cobro multitarifa.

Con el soporte tecnológico proporcionado por los proyectos financiados por la Secretaría de Economía (SE) y el CONACYT, la empresa continuó por la vía de la prestación de servicios para la gestión de rutas de transporte. Este fue el caso del Transbús, en Villahermosa, Tabasco, donde junto con la venta de los equipos se estableció un contrato para el servicio de operación de la línea durante el primer año. El objetivo era acelerar la implantación y transición hacia la tecnología BEA, que involucra procesos de credencialización, prepago, despacho, monitoreo y recaudo.

Esta dinámica de respuesta a las necesidades y oportunidades asociadas a las condiciones de mercado se ha logrado gracias al esfuerzo de veinticinco personas dedica-

das a actividades de I+D de nuevos productos y a la incorporación de gente calificada en diferentes disciplinas, para llevar a cabo trabajos muy especializados en proyectos determinados. Como enfatiza el licenciado Pedro Jiménez: “Todos los días hay que estar realizando innovación, porque el mercado así lo pide”.

El desempeño mostrado fue clave para que invitaran al equipo de Idear a participar en el proyecto colectivo de investigación Lean Intelligent Network Transportation (LINT), cuyo objetivo es el desarrollo de un sistema de transporte automatizado sus-

tentable, orientado a las necesidades de las ciudades latinoamericanas. De forma resumida, se trata de la construcción de una plataforma de transporte flexible que, de acuerdo con un diagnóstico previo, permita su adaptación a las necesidades específicas de movilidad, según se trate de un aeropuerto, un parque de diversiones, un desarrollo inmobiliario, etcétera.

La iniciativa se estructuró en el marco del programa Alianzas Estratégicas y Redes de Innovación (AERI) del CONACYT, donde se suman y complementan esfuerzos de dieciséis organizaciones, tales como la empresa ModuTram México, que funge como líder general del proyecto y se encarga de desarrollar el sistema de control automatizado; Tecnoidea, responsable de la implementación del chasis motriz; el CINVESTAV, que participa como líder de investigación científica, y el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente (ITESO), que

“Todos los días hay que estar realizando innovación, porque el mercado así lo pide”.

colabora con el diseño de cabinas de pasajeros y la elaboración de estudios de aplicación urbana y aeroportuaria. Idear Electrónica participa en esta AERI, denominada Sistemas avanzados de transporte urbano sustentable, diseñando y desarrollando el sistema de acceso y recaudo que demanda esta propuesta innovadora de transporte.

Los ingenieros de Idear Electrónica comentan que la participación en esta dinámica cooperativa favorece un intercambio de *know-how* sobre mecanismos de desarrollo, producción y comercialización de sistemas de transportes avanzados, aspectos que la empresa puede adquirir por sí sola, pero en mayor tiempo y con un elevado costo, que hoy se ven reducidos como resultado de su participación en un consorcio de I+D.

Exportación de tecnología mexicana para sistemas de transporte

El factor determinante para lograr el posicionamiento de Idear Electrónica a nivel internacional, además de los dispositivos tecnológicos que fabrica, ha sido su conocimiento y comprensión del tipo de servicio público de transporte urbano que se requiere según la ciudad. Poco a poco, Idear Electrónica ha ido ganando terreno en el mercado de nuestro continente y, actualmente, sus dispositivos operan en más de cien ciudades de países como Guatemala, Costa Rica, Colombia, Belice, Nicaragua, El Salvador, Canadá y Brasil, lo que demuestra su capacidad para entender el contexto tecnológico, económico, social, ambiental y jurídico en el que se proporciona el servicio público de transporte urbano.

En la lista proyectos de innovación de la empresa, a nivel internacional, destaca su incursión en tres ciudades canadienses. Concretar exitosamente dichas experiencias no fue tarea fácil, ya que los equipos estaban sometidos a condiciones ambientales extremas, que exigían adecuaciones importantes a la tecnología desarrollada. Una vez más, el empuje del personal de esta pyme sacó adelante el proyecto, logrando la consecución de las metas fijadas.

Aquí cabe resaltar la sinergia que se detonó a partir de que Idear Electrónica se asoció con el programa TechBA, el cual en su carácter de aceleradora de empresas de base tecnológica con posicionamiento en la ciudad de Montreal, Canadá, coadyuvó a la definición de un nicho de mercado en ese país. La estrategia se delimitó con asesoría de expertos en el mercado canadiense, optando por ofrecer paquetes tecnológicos para la gestión del transporte urbano, enfocados a las necesidades de ciudades pequeñas, segmento que no era lo suficientemente atendido por las principales empresas competidoras en la esfera internacional.

Un aspecto más que ha permitido vislumbrar importantes perspectivas de exportación para Idear Electrónica es el de las alianzas estratégicas formalizadas con la empresa norteamericana Safety Vision y con la brasileña Wolpac, que operan en los dos mercados de mayor dimensión del continente americano.

Hoy por hoy, la apuesta de negocio de la empresa es el ofrecimiento de productos y servicios articulados en torno a tres dimensiones: *hardware*, *software* y *humanware*.

Responder a necesidades futuras del transporte

En la visión prospectiva de la empresa, predomina el interés por la diversificación de productos y servicios de transporte. Reflejo de lo anterior fue su incursión en el diseño y construcción de la gestión y monitoreo de los diferentes modos de transporte considerados en la central de transferencia Mexi-puerto Ciudad Azteca Bicentenario (MEXCAB), que inició operaciones en 2009 y se sitúa en el Estado de México.

Dicho proyecto implicó un nuevo desafío, pues comprendía el control de un sistema nodal donde confluían la línea B del Metro, la línea del Mexi-bús, diferentes rutas de autobuses y el despacho de taxis. Con tal propósito, se desarrolló tecnología para poder monitorear y analizar la dinámica de los flujos de usuarios de las distintas alternativas de transporte, lo que permitió definir alternativas de mejora, empleando dispositivos para el control de tiempos límite de ascenso y descenso de pasajeros, contribuyendo así a la evolución sistémica de la calidad del servicio en la terminal.

Hoy por hoy, la apuesta de negocio de la empresa es el ofrecimiento de productos y servicios articulados en torno a tres dimensiones que le darán la oportunidad de responder a las necesidades futuras del transporte urbano:

1. *Hardware*. Aquí se incluyen todos los equipos y dispositivos necesarios para el funcionamiento de la plataforma, como los contadores de barras, los emisores y receptores de radio, las unidades de almacenamientos, los sensores de velocidad, etcétera.
2. *Software*. Los esfuerzos de desarrollo en esta dimensión han sido significativos y, actualmente, ofrecen soluciones que van desde el *software* básico para el monitoreo y el control de la recaudación, hasta programas avanzados que permiten el monitoreo en tiempo real de cada unidad en la ruta.
3. *Humanware*. Término que alude a las características del capital humano y a las condiciones del entorno social de implantación de los sistemas, necesarias para que las soluciones tecnológicas propuestas alcancen los resultados esperados. En este rubro, la empresa considera programas de capacitación en ruta, desarrollo de habilidades de control y despacho, asesoría para reingeniería de rutas, apoyo en gestiones públicas, etcétera.

Idear Electrónica ha evolucionado para constituirse en un grupo que emplea un total de doscientas treinta personas. Las condiciones de mercado la han llevado a separar la línea de negocio de suministro de servicios de gestión de rutas en la empresa Intelligent Transaction Systems de México S. A. de C. V, que representa una iniciativa de tipo *start-up* derivada de la exitosa trayectoria tecnológica del grupo.

Recientemente, se inauguraron las oficinas de Idear Electrónica en TechBA-Silicon Valley, California, ya que una meta de crecimiento a nivel internacional es ingresar al mercado que representan las ciudades norteamericanas. Situación que involucra cambios en la organización del proceso de fabricación para lograr cumplir con los requerimientos de componentes agregados manufacturados en Estados Unidos.

En materia de cooperación en investigación, actualmente se están valorando proyectos de vinculación con el Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT), para la aplicación de modelaje matemático para procesos de digitalización y análisis de datos, hecho que permitirá a Idear Electrónica mantener la espiral ascendente de innovación que ha sido el factor clave de su éxito. Para el licenciado Jiménez, sin embargo, la orientación de la innovación va mas allá de ganar nuevos mercados, su conocimiento y experiencia sobre los problemas de transporte de nuestras ciudades lo lleva a afirmar que “no se trata de ganar el campeonato mundial de innovación tecnológica, sino de ganar el campeonato mundial de solución de problemas con tecnologías orientadas a un propósito”.

“No se trata de ganar el campeonato mundial de innovación tecnológica, sino de ganar el campeonato mundial de solución de problemas con tecnologías orientadas a un propósito”.



Industrias Charricos S. A. de C. V., fundada en 1978, pero constituida como empresa mercantil en 1983, es una fábrica mexicana, ubicada en Tabasco, que se dedica a la producción de frituras y botanas, y genera parte de la energía que consume de manera limpia, por medio de los biodigestores que ha creado para procesar desechos orgánicos.

Su línea de productos incluye: a) productos laminados de harina de trigo fermentada y cortada (conocidos como Charricos); b) hojuelas de plátano fritas; c) tortillas tostadas circulares; d) tortillas botaneras; e) cacahuates; y f) pistaches; todos envasados en bolsas de polietileno.

La empresa distribuye sus productos en los estados de Tabasco, Campeche, Chiapas, Veracruz, Yucatán, Nuevo León y el Distrito Federal; y exporta a Canadá.



Capítulo 12

INDUSTRIAS CHARRICOS: LA INNOVACIÓN VERDE

“Hemos sido injustos con nuestro planeta, [pues] solo nos preocupamos por satisfacer nuestras necesidades alimentarias; [no nos] preocupamos [por] su sustentabilidad”,
don Eliazar.

Charricos existe desde finales de los años setenta. Inició como una empresa familiar vendiendo frituras de maíz en pequeñas bolsas, solamente en la cabecera municipal de Centla, Tabasco; luego se expandió por el sureste de la República Mexicana. Desde sus orígenes, Charricos se comprometió a tener siempre una calidad de excelencia y a impulsar, de forma constante, innovaciones en el mercado. Sin embargo, pocos se imaginaron que una fábrica de botanas podría convertirse en una empresa autosustentable, capaz de generar de manera limpia parte de la energía que consume.

Así lo recuerda don Eliazar, cuando le preguntamos cuál había sido el origen del proyecto de creación de los biodigestores y de dónde había nacido el compromiso tan vehemente de crear una industria sustentable: “El día que se nos acabe el petróleo, ¿qué vamos a hacer los empresarios para tener insumos energéticos?”.

El primer intento por incorporar en la vida de su organización la visión de una empresa sustentable ocurrió hace muchos años, cuando, platicando con otros ingenieros de la región, surgió la idea de crear un proyecto, llamado inicialmente Centro de Desarrollo Industrial Sustentable (CEDIS), que pretendía tener alrededor de cinco mil animales en corrales de engorda, recolectar sus desechos y los de la fábrica (tanto los de los humanos que laboraban en ella como los del proceso productivo) e instalar biodigestores para procesarlos. El objetivo era producir biogás a partir de los desechos recolectados para que el CEDIS lograra ser autosuficiente en cuanto a energía se refiere.

Desde su concepción, el CEDIS fue la promesa de un futuro más limpio y sustentable para Tabasco, pues esperaba lograr un considerable ahorro en el consumo de gas LP, y ser autosustentable gracias al alto rendimiento en producción de biogás.

El proyecto era muy costoso y presentaba muchos obstáculos, pues: “Se tenía que convencer a mucha gente de unirse al proyecto, como a los ganaderos de la región”. Tarea que resultaba sumamente complicada. No obstante, cuenta don Eliazar que cuando presentaba su propuesta a los ganaderos, esta era bien recibida, pues estaban conscientes de que, en la zona de Tabasco, el problema de la acumulación de residuos orgánicos al descubierto se había convertido en un reto para el desarrollo social y sanitario del estado.

Empero, no fue sino hasta que don Eliazar supo del Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) de la Secretaría de Economía (SE) y del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), que su sueño comenzó a cristalizarse.

Un emprendedor visionario

Don Eliazar tuvo que dejar sus estudios de preparatoria en la escuela naval para ocuparse del negocio familiar, tras el fallecimiento de su progenitor. La familia se sostuvo durante varios años con la venta de botana frita, hecha de modo casero y con los métodos tradicionales. La madre elaboraba el producto y el padre se ocupaba de distribuirlo en las diversas colonias de Villahermosa. Conforme la demanda fue creciendo, la familia incrementó la producción y la distribución mediante un grupo de repartidores: cuenta don Eliazar que tenían un contrato apalabrado con un lancharero, que distribuía las botanas por el río en zonas más alejadas de la ciudad.

Lo primero era modificar el método de fabricación y después el de la distribución.

Al fallecer el padre, y siendo el mayor de los hermanos, don Eliazar decidió abandonar sus estudios para hacerse cargo del sustento de la familia. En poco tiempo se dio cuenta de que para prosperar había que realizar cambios en el negocio. Lo primero era modificar el método de fabricación y después el de la distribución. Con algunos ahorros, adquirió algo de maquinaria para intensificar la producción y, sobre

todo, en 1983, registró el negocio familiar como empresa con el nombre de Industrias Charricos S. A de C. V. Asimismo, registró la marca de su producto: Charricos, para poco tiempo después diversificar los productos agregando las tostadas y totopos fritos de maíz a las botanas fritas de plátano.

La empresa ha crecido durante veinte años, tanto en ventas como en la cobertura regional de su mercado. La pequeña fábrica familiar que, en los setenta, vendía su producto casero en algunas colonias de Villahermosa, hoy vende varios productos en todo Tabasco, Campeche, sur de Veracruz, y algunas zonas de Oaxaca y Chiapas, colindantes con Tabasco. Actualmente, la empresa procesa al día cinco toneladas de plátano, una y media de maíz y media de trigo, lo que le permite fabricar unas doscientas toneladas de botana al mes.

Biogás a la mexicana

La empresa cuenta con un centro de I+D, que fue creado en 1997 para desarrollar mejoras en el proceso productivo de las frituras. De la investigación ha derivado el diseño de la máquina rebanadora de plátanos, la envasadora semiautomática de las hojuelas de plátano, y otros diseños que reducen los tiempos y los costos de la producción de las botanas. Además de estos logros tecnológicos, y aprovechando la infraestructura y el capital humano de ese centro, una importante área de investigación de la empresa ha estado relacionada con la sustentabilidad de la producción y el ahorro energético.

Uno de los proyectos impulsados por don Eliazar, a principios de la década pasada, tuvo el objetivo de lograr almacenar la energía calorífica, con la intención de reducir los costos del gas. Pues, en opinión del empresario, a pesar de ubicarse en una zona de importante producción y refinación de petróleo, los precios de los energéticos son elevados para los industriales tabasqueños. Aunado a esto, el precio del gas ha aumentado de forma constante, por lo que don Eliazar ha buscado métodos para ahorrar el consumo de energía en el proceso productivo de la botana.

A mediados de la década anterior, la noticia de la existencia de tecnologías novedosas para la producción de energía limpia llevó a don Eliazar a concebir un proyecto que permitiría sustituir parte del gas comprado en el mercado, por gas producido en la propia empresa; más concretamente, por gas producido con desechos orgánicos. Al mismo tiempo, usar esta tecnología le daría la oportunidad de cumplir un segundo objetivo mucho más amplio que la reducción de algunos costos del proceso productivo de la botana frita: la aplicación de una tecnología limpia para la producción de energía renovable. Aspecto que ha cobrado gran relevancia para don Eliazar, a medida que ha sido testigo del deterioro ambiental sufrido por la ciudad de Villahermosa, el estado de Tabasco y el país en general.

Don Eliazar cuenta que desde muy joven le preocupó el tema de la contaminación de los ríos de su estado. La falta de medidas para reducir la emisión de desechos de todo tipo que, sin más, se vierten en los ríos o se confinan en lugares a cielo abierto, generando un problema de salud humana a largo plazo, representa para don Eliazar un problema que debe ser tomado en serio, tanto por los industriales como por el gobierno y la sociedad en su conjunto. Por esta razón, la generación de biogás a partir de residuos orgánicos le pareció la tecnología más adecuada para reducir los costos de energía y coadyuvar a disminuir la contaminación.

Una importante área de investigación de la empresa ha estado relacionada con la sustentabilidad de la producción y el ahorro energético.

El biogás es una energía renovable, de producción limpia (sin emisiones tóxicas), relativamente simple y que permite la reducción de emisiones de carbono y el aprovechamiento de los residuos orgánicos. La producción de bio-

El biogás es una energía renovable, de producción limpia (sin emisiones tóxicas) y relativamente simple, que permite el aprovechamiento de los residuos orgánicos y la reducción de emisiones de carbono.

gás depende de una tecnología conocida como biodigestión o digestión anaerobia y puede ser implementada a escala comercial, local e incluso doméstica, pues el mantenimiento del equipo utilizado para la generación de este gas no requiere altos costos. Además de la producción energética, esta tecnología permite externalidades a quien la utiliza, como el aprovechamiento del valor fertilizante de los productos tratados mediante biodigestión.

Con la idea de construir su propio biodigestor, don Eliazar participó en la convocatoria 2007 del FIT: el apoyo podría permitirle disponer de una parte de los recursos económicos necesarios para lograr su objetivo. El proyecto consistió en el diseño y construcción de un prototipo que debía utilizar como biomasa el estiércol de ganado bovino para generar energía (biogás). Su finalidad era que la empresa pudiera sustituir parcial o totalmente el consumo de energía fósil —que emplea en la maquinaria y equipo de su planta productiva— y aprovechar el subproducto de ese proceso (bioabono), usándolo como un mejo-

rador de suelo de alta calidad en el campo tabasqueño.

El proyecto se desarrolló durante más de un año y fue necesario contratar a dos expertos extranjeros para que ayudaran en la construcción y el diseño del biodigestor. También se requirió capacitar a un ingeniero en procesos, egresado de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), y a cuatro técnicos de la Universidad Tecnológica de México (UNITEC) de Tabasco.

El proceso para producir biogás a partir de biomasa en biodigestores es conocido y empleado en otros lugares del mundo, a diferentes escalas. Sin embargo, el prototipo de biodigestor que planteaba la empresa, en el marco del proyecto apoyado por el FIT, debió considerar:

- a) Las características del lugar, pues Tabasco es un estado propenso a las inundaciones, con altos niveles de humedad. Por ello, se optó por un diseño con fibra de vidrio en lugar de concreto.
- b) La posibilidad de ampliar la capacidad instalada, por lo que se diseñaron biodi-

gestores modulares. Con ello, la empresa podía seguir creciendo, de acuerdo con la demanda, siempre y cuando se buscara otra fuente de materia orgánica.¹

El tipo de diseño logrado permite tener biodigestores adaptables, en cuanto al tamaño, a las características de la empresa, y con la particularidad adicional de que pueden ser desmontados y movidos de lugar.

De acuerdo con las características del biodigestor que se construyó en Charricos, es posible decir que la tecnología fue, literalmente, *tropicalizada*, pues, como afirma don Eliazar, en otros países se encuentra tecnología muy avanzada en biodigestores, pero ajustada al entorno de países europeos. Aquí fue necesario adaptarse a las condiciones climáticas, a la altura, al tipo de desechos que se procesan, etcétera: “No es lo mismo un rumen de un animal que come pastizal en un trópico, a uno que come en regiones altas; el pH cambia”, comenta don Eliazar.

Todo esto, sin embargo, no hubiese sido posible de no ser porque en Charricos había un equipo de trabajo con el conocimiento y las capacidades técnicas e ingenieriles necesarios para realizar adaptaciones en cada una de las etapas del proceso del biodigestor, según los requerimientos de la empresa.

Para realizar pruebas del equipo, don Eliazar buscó la ayuda de laboratorios externos. La mayoría de las pruebas se llevaron a cabo en el laboratorio del Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste (CIBNOR), en La Paz, Baja California. Aunque también solicitaron apoyo al Colegio de Postgraduados (COLPOS) y al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para hacer las pruebas.

Además de las relaciones con centros de investigación, Charricos se ha vinculado con Frigorífico y Empacadora de Tabasco S. A. de C. V., una empresa empacadora de cárnicos, que se encarga de proporcionarle los residuos orgánicos (rumen, excreta, sangre y tripas de ganado bovino). También mantiene un vínculo con los productores de los diferentes cultivos a los que les proporciona mejoradores de suelo y biofertilizante, entre los que se encuentran sus proveedores de materia prima para la fritura.

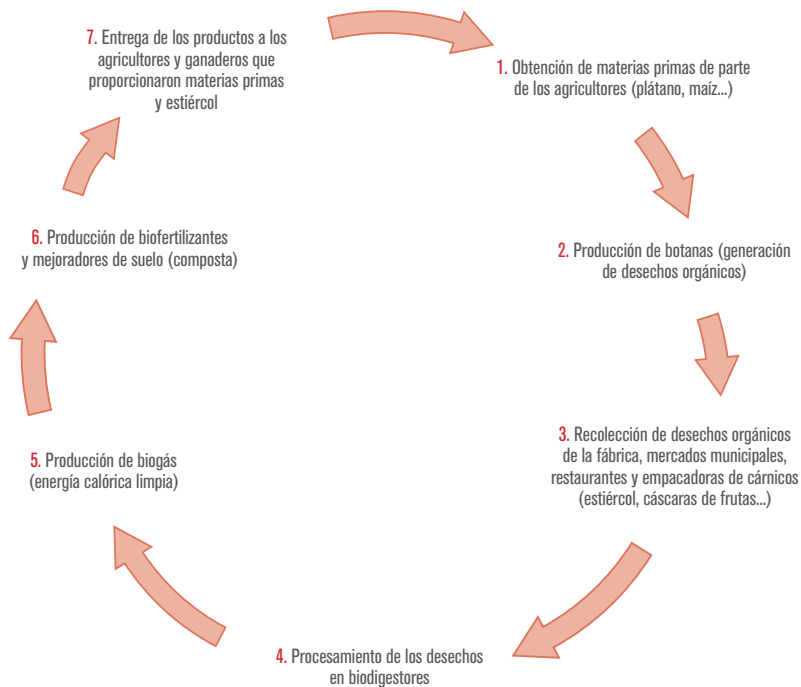
En resumen, Charricos ha desarrollado un ciclo planeado: recibe desechos orgánicos como materia no consumible del ganado bobino y estiércol, además de cáscaras

“No es lo mismo un rumen de un animal que come pastizal en un trópico, a uno que come en regiones altas; el pH cambia”.

¹ En realidad, además del estiércol de ganado, se pueden utilizar diferentes tipos de desechos orgánicos, como las cáscaras de plátano, coco o piña, las vísceras de animales y otros desechos alimenticios. Sin embargo, no todos se procesan de la misma forma, por lo que se requieren adaptaciones técnicas al biodigestor, según el caso.

de frutas y residuos de comestibles. Los desechos se queman en el biodigestor para producir energía calorífica. Al mismo tiempo, con parte de esos desechos se producen fertilizantes que regresan a los agricultores que le proporcionaron la materia prima para sus productos y a los ganaderos que le facilitaron los desechos para el biodigestor. En el **Diagrama 12.1** se puede observar el proceso que se sigue en Industrias Charricos con los desechos orgánicos.

Diagrama 12.1. Ciclo de producción, recolección y procesamiento de desechos orgánicos



El atractivo económico de los carburantes renovables

El proyecto contribuye a la disminución de costos de la empresa, por el ahorro en el consumo de gas LP y el aumento en la calidad de los insumos en la producción de sus productos, pues los biofertilizantes y mejoradores de suelo son entregados a sus proveedores de plátano. Los resultados de este proyecto no contribuyen de manera directa a la mejora en la calidad de las botanas, más bien permiten a la empresa ahorrar en el costo de la energía, pues puede producir una parte de la que consume el proceso

productivo. Durante el primer año que funcionó del biodigestor, la empresa ahorró 20% de los 36 mil litros mensuales de gas que requería para su producción.

Actualmente, se tienen construidos cuatro biodigestores de 140 m³ cada uno, y se están procesando diariamente de quince a dieciocho toneladas de desechos orgánicos (contenido ruminal), lo que permite a la empresa producir 120 m³ de biogás al día y sustituir el uso de 30% de gas LP (9600 litros). Con mejoras en el proceso y la tecnología del biogás, don Eliazar cree poder llegar a producir hasta 40% de la energía que requiere para fabricar sus botanas.

El ahorro de energía logrado constituye un resultado positivo de la inversión hecha entre 2007 y 2009, pero el logro más importante es que la empresa incursionó en otra industria: la de tecnologías limpias. “En Tabasco se sustituyeron muchas tierras fértiles para el cultivo de alimentos por pastizales para el ganado vacuno. Por eso abunda la carne y el estiércol, que es la materia prima para el biodigestor”, comenta don Eliazar. De tal suerte que con el proyecto se cumple uno de los ideales del empresario: poner un granito de arena para reducir la contaminación del país, por medio de la reutilización de grandes cantidades de desechos orgánicos y estiércol de ganado.

Aunque los costos de operación, en términos absolutos, son aún caros en unidades agroindustriales donde las empresas producen su propio gas con cierta infraestructura, la inversión comparativa es mínima y, al ir haciendo más eficientes los procesos, la relación costo beneficio aumenta. “Si comparamos la inversión que requiere la industria petroquímica [que es mucho mayor], la tecnología que tenemos es muy accesible para empresas de muchos tipos”, afirma don Eliazar.

En efecto, los biodigestores concebidos por Charricos pueden disminuir o aumentar de tamaño y ser utilizados no solo en procesos industriales, sino en la producción de energía para hoteles, hospitales, centros comerciales..., incluso, podría pensarse en adecuar los biodigestores para uso doméstico, empleando como materia prima los desechos orgánicos que producen las familias en su vida cotidiana.

Como resultado colateral del proyecto, se creó una nueva pequeña empresa, Bioenergética S. A. de C. V., para poder vender los biodigestores, los biofertilizantes y los mejoradores de suelo. Esta cuenta ya con una solicitud de registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), y las certificaciones necesarias están en proceso.

La historia es muy sencilla: el biodigestor hacía funcionar tres máquinas de frituras y, al mismo tiempo, los desechos orgánicos servían para mejorar los suelos y los

“En Tabasco se sustituyeron muchas tierras fértiles para el cultivo de alimentos por pastizales para el ganado vacuno. Por eso abunda la carne y el estiércol, que es la materia prima para el biodigestor”.

cultivos. Después de realizar varias pruebas de laboratorio, se llegó a la conclusión de que, además de la energía, se podía utilizar la composta para mejorar los suelos de cultivo. Así que se procedió a reorganizar físicamente la planta de frituras para poder recibir cada vez más desechos orgánicos. Al mismo tiempo, don Eliazar buscó acuerdos con mercados municipales, restaurantes y empacadoras de cárnicos para que, en vez tirar los residuos orgánicos al basurero municipal, se los dieran. En su opinión: “Es apremiante la necesidad de aprovechar los desechos orgánicos, hay toneladas que van a los arroyos, lagunas y ríos, y son altamente contaminantes”.

La planta de Charricos tiene la capacidad para tratar cincuenta toneladas diarias de residuos orgánicos, mediante biodigestión y composteo tipo Bokashi.² Para el transporte de los residuos, cuenta con vehículos especializados que cumplen con todas las normas nacionales e internacionales sobre una eficiente recolección, y tiene, además, equipos especializados para la recepción de materiales líquidos y sólidos.

La transformación de los desechos en material para biofertilizantes sigue un proceso en el que los reactores biológicos degradan los contaminantes, mediante fermentación anaeróbica, asegurando la eliminación de agentes patógenos y materiales contaminantes. Después, los residuos son sometidos a un tratamiento de digestión anaeróbica. Los materiales tratados y transformados están certificados como productos orgánicos, lo cual asegura su óptimo tratamiento.

La producción de biofertilizantes y mejoradores de suelo se encuentra en etapa de evaluación, pues se está analizando la reacción de los cultivos de plátano, palma africana, pastos, cacao y caña, que han sido biofertilizados. Se espera que el uso del biofertilizante permita incrementar el rendimiento del suelo en más de 20%. Sin embargo, ha sido difícil colocar el producto porque los agricultores están muy acostumbrados a los fertilizantes de origen químico. Al respecto, nuestro empresario muestra perseverancia: ha regalado la composta a los agricultores para que prueben sus beneficios.

Con ayuda de las autoridades municipales, don Eliazar podría incrementar la colección de desechos para producir más energía y también más composta, sobre todo, para los cafetaleros con certificación de *orgánicos*, que requieren composta igualmente orgánica.

Dos grandes retos: inversión y variabilidad en los insumos

El equipo de trabajo ha adquirido capacidades para la construcción de biodigestores, pero aún es necesario hacer más eficiente o limpio el proceso de combustión (eliminación total de ácidos sulfúricos) y realizar pruebas con diferentes materias orgánicas que puedan servir como biomasa para la producción del biogás. Un resultado de las

² Se trata de un proceso desarrollado en Japón para elaboración de composta con base en la fermentación de materia orgánica.

pruebas es que la cantidad de biogás que se puede obtener depende del tipo, volumen y calidad del material orgánico introducido al biodigestor, y de la temporada del año, ya que la temperatura ambiente y la humedad afectan el proceso. Por esto, un reto para aumentar la eficiencia del proceso es acrecentar el grado de limpieza de los residuos y disminuir el tiempo de producción de biogás en épocas de lluvia, que suele ser diferente en temporada seca.

Para lograr lo anterior, sin embargo, se necesita una segunda fase y, nuevamente, una inversión considerablemente fuerte. Esta segunda etapa consiste en adaptar sistemas de cómputo para controles y mediciones del proceso, que puedan volverlo más eficiente y confiable. Aquí el objetivo es construir biodigestores que puedan ser instalados en áreas urbanas y rurales, es decir, que sean adaptables a las condiciones del entorno inmediato.

Hasta el momento, la industria bioenergética no dispone de recursos para aplicar tecnología que permita comprimir el biogás y llevarlo a clientes dispersos, por lo que la opción actual es construir biodigestores en las instalaciones del cliente, capacitarlo para su operación u operarlo en su lugar. Sin embargo, la instalación, capacitación u operación de estos biodigestores costaría, al menos, 40% más de lo que costó instalar los primeros en Charricos, por lo que no resultará nada fácil hallar clientes dispuestos a invertir en esta tecnología, independientemente de que sirva para generar energía propia y no contaminante. Además, la apuesta por la venta de biodigestores a clientes industriales, gobiernos municipales o establecimientos comerciales o domésticos requiere de instalaciones y procesos seguros que eviten cualquier tipo de accidentes.

Pero la intención de don Eliazar es iniciar lo más pronto posible la etapa de comercialización, y hacer de Tabasco un área de empresas autosustentables. Su objetivo a corto plazo es poder instalar los biodigestores en una zona urbana. Pero, para ello, necesita construir un laboratorio que le permita medir las características del biogás y optimizar los procesos utilizando tecnología de punta, como la aplicación de bacterias para la eliminación del ácido sulfhídrico. La solución que se vislumbra es someter un nuevo proyecto a alguno de los programas vigentes de fomento a la innovación.

Aunado a lo anterior, en el centro de I+D de Charricos también se desarrollan otro tipo de innovaciones: maquinaria, diseño de procesos, etcétera, y se tienen varios proyectos en marcha, uno de ellos, el “Ahorrador de agua para los sanitarios”, es sobre recolección de excremento humano. Debido a que solo hay seis personas dedicadas a

Un reto para aumentar la eficiencia del proceso es acrecentar el grado de limpieza de los residuos y disminuir el tiempo de producción de biogás en épocas de lluvia.

estas investigaciones, también será necesario aumentar el número del personal para poder lograr la segunda fase del proyecto del biodigestor.

El proyecto, en su primera fase, duró tres años, pero tuvo que interrumpirse por un periodo, a causa de las inundaciones en Villahermosa. A pesar de ello, los resultados fueron más allá de lo que se esperaba. Entre los logros más importantes está una fuerte reducción del costo de producción, gracias a la exitosa implementación del uso del biodigestor; el aumento en ventas, debido a la comercialización de biofertilizantes, y la creación de una nueva empresa que incursionó en el mercado local de biofertilizantes.

Será necesario continuar con la fuerza, el empuje y la determinación que hasta ahora ha mostrado todo el personal de Charricos. Ya que, como comenta el propio dueño, esto es un sueño que ha perseguido como empresario desde que su empresa ingresó al mercado, y no cesará en su empeño de verlo cristalizado muy pronto.



Creada por un grupo de ingenieros encabezado por Ricardo Pérez Zayas, Aerotec es una empresa mexicana que ofrece servicios aeronáuticos —como la toma de fotografías, la grabación de videos o la recolección de datos— para dependencias gubernamentales y empresas constructoras, mineras o agrícolas.

En sus orígenes, Aerotec se benefició con programas de incubación de empresas pertenecientes a instituciones educativas y, más adelante, el Fondo de Innovación Tecnológica (FIT), del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y la Secretaría de Economía (SE), con cuyo apoyo pudo asegurar su despegue.



Capítulo 13 **AEROTEC:** **EMPRENDIMIENTO DE ALTOS VUELOS**

Comprender el significado de *emprendedor* puede hacernos explorar varias definiciones, pero quizá la más precisa y sencilla de todas es que, a diferencia de una persona común que tiene sueños, un emprendedor dedica tiempo, esfuerzo y recursos, y los convierte en un proyecto de vida. Esa fue la primera impresión que tuvimos luego de conversar con el ingeniero Ricardo Pérez Zayas, un joven empresario de la ciudad de México que hoy participa en el desarrollo de la industria aeronáutica con un avión no tripulado diseñado con ingeniería mexicana.

Su desarrollo compite con el de otros países líderes del sector, como Estados Unidos e Israel, donde las grandes inversiones de la industria militar han impulsado la ingeniería aeronáutica del sector civil; en cambio, el avión del ingeniero Pérez Zayas parte del anhelo de diseñar sus propias aeronaves y convertirse en empresario. Su sueño comenzó con un proyecto universitario que lo llevaría a realizar una investigación en múltiples sentidos para cumplir con las condiciones técnicas, aerodinámicas y de regulación que se requieren en la industria aeronáutica.

Con la llegada de empresas extranjeras fabricantes de partes de aviones, provenientes de Estados Unidos, Europa y Canadá, la industria aeronáutica ha crecido en los últimos años en el país: al inicio de la presente década existían aproximadamente veinte empresas, muchas de ellas dedicadas a la maquinaria de precisión, el modelado y la inyección de plástico, así como a la manufactura de cables, arneses y componentes de sistemas de aterrizaje; asimismo, hay empresas de mantenimiento y reparación de turbinas y motores, unidades auxiliares de poder, fuselajes y sistemas eléctrico-electrónicos y de aterrizaje; también existen empresas de ingeniería y diseño que desarrollan principalmente sistemas de control, instrumentación, simulación de vuelo, pruebas no destructivas, diseño de equipamiento y procesamiento de datos e imagen.

La distribución de estas empresas en el territorio nacional abarca varios estados, pero solo unas cuantas ciudades concentran la mayoría de plantas, como Monterrey, ciudad de México, Tijuana, Chihuahua, Ciudad Juárez, Hermosillo y Querétaro. Esta

última entidad representa hoy día el principal enclave para el sector en el país, ya que cuenta con uno de los *clusters* de aeronáutica más desarrollados, que comprende la empresa canadiense Bombardier —instalada en Querétaro en 2005, es la única que ensambla aviones en México actualmente—, además de unas veinte empresas de manufactura de componentes y reparación de equipo, proveedoras de Boeing y Airbus y la propia Bombardier. Asimismo, en Querétaro fue creada en 2009 la Universidad Aeronáutica de Querétaro (UNAQ) para la formación de los recursos humanos especializados del sector, así como programas de fomento al desarrollo de proveedores locales. En general, se trata de una iniciativa que integra a los sectores privado, académico y público con el objeto de dinamizar y articular la industria aeroespacial en esa región del país.

Las empresas que realizan ingeniería y diseño suman apenas un 10% del total, son principalmente de capital extranjero y se localizan en Querétaro, Distrito Federal, Sonora y Baja California. Las de capital mexicano se dedican a la fabricación de componentes poco complejos, generalmente similares a los requeridos por la industria de autopartes, o al mantenimiento y reparación de equipo.

La iniciativa del ingeniero Pérez Zayas llama la atención porque, a diferencia de las empresas mexicanas que buscan convertirse en proveedoras de piezas y componentes, él buscó un nicho de mercado donde la competitividad se basa en la incorporación de conocimiento y tecnología. Como veremos, consistió en emprender un negocio a partir de actividades de ingeniería y desarrollo tecnológico, aprovechando en primera instancia los beneficios de un programa universitario de incubación, y después los de un programa de política pública que incentiva la innovación.

Levantando el vuelo

En este capítulo narraremos la aventura de Aerotec, empresa de base tecnológica fundada por un grupo de jóvenes emprendedores en 2001 y que actualmente cuenta con uno de los primeros aviones no tripulados elaborados con ingeniería mexicana, cuyo desarrollo es resultado del proyecto que fue apoyado en 2007 por el FIT de la SE y el CONACYT.

Nuestra entrevista se llevó a cabo en la cafetería del rascacielos más alto de la ciudad de México, construido hace apenas unos años, la Torre Mayor. Por su altura, el rascacielos tuvo que diseñarse tomando en cuenta principios de aerodinámica que permitieran a los altos vientos circular a su alrededor, evitando así un fenómeno de turbulencias que suele ocurrir en construcciones muy elevadas y que puede dañar la estructura. La aerodinámica es una disciplina que permite comprender la relación entre un cuerpo sólido y el aire, la resistencia que provoca el movimiento de uno en relación al otro. Estos conocimientos son indispensables para quien diseña y construye objetos que surcan los cielos, ya sean ingenieros civiles o ingenieros en aeronáutica.

La ingeniería aeronáutica es una disciplina poco difundida en México. El ingeniero Pérez Zayas pertenece a una de las primeras generaciones de ingenieros en este campo, formado en el Instituto Politécnico Nacional (IPN). Al respecto comenta que hay pocas oportunidades laborales para que un ingeniero mexicano se dedique al diseño y construcción de aeronaves. El mercado mundial de aviones para uso civil está dominado por unas cuantas empresas, como Boeing, Embraer, Bombardier y Airbus, cuyos diseños aeronáuticos son elaborados por los departamentos de investigación y desarrollo, localizados principalmente en sus países de origen.

En México las firmas que fabrican partes para aviones contratan ingenieros para hacer labores administrativas, de control de planta y de mantenimiento, pero ahí se aplica poco el conocimiento de aeronáutica, por lo que las oportunidades para ejercer la profesión son escasas. Sin embargo, nuestro interlocutor, junto con un grupo de compañeros estudiantes, decidieron emprender un negocio de aviones y aplicar todos los conocimientos tecnológicos e ingenieriles adquiridos en el IPN para materializar su sueño.

Pero ¿cuál fue el inicio de la aventura? Al respecto el ingeniero Pérez Sayas comenta: “Comenzamos hace diez años, con la oportunidad de hacer algunos servicios de publicidad con dirigibles de radiocontrol a los que colgábamos publicidad de una empresa y los mostrábamos en ferias y centros de convenciones. También incursionamos con algunos globos suspendidos que mostraban publicidad. Esa fue la primera experiencia que nos permitió desarrollar más tarde el avión”.

Como todo proyecto que inicia, además de las ideas, se requería de capital inicial y de adquirir conocimientos sobre negocios para impulsar una empresa de base tecnológica. Así que el ingeniero y sus colegas acudieron al programa de incubadoras del IPN. Sobre el arranque del proyecto allá por el año 2000 dice: “como jóvenes universitarios, juntamos el dinero de familiares, amigos, colegas y quien se dejara. Para convertir nuestra idea original en algo tangible, nos acercamos a la incubadora de empresas de base tecnológica del IPN. En aquellos tiempos la incubadora misma era todavía un proyecto”.

El proyecto con la incubadora se refirió al desarrollo de un dirigible con mejores características y aplicaciones que las que existían en ese momento en el mercado, y al que se le podían dar usos muy variados. El ingeniero nos explica que a un dirigible se le pueden montar varios módulos para distintas aplicaciones —llevar cámaras de imágenes o video, estaciones meteorológicas, sensores, etcétera—, lo que le da mayor funcionalidad.

“Comenzamos hace diez años, con la oportunidad de hacer algunos servicios de publicidad con dirigibles de radiocontrol a los que colgábamos publicidad de una empresa y los mostrábamos en ferias y centros de convenciones”.

El dirigible diseñado fue utilizado para publicidad y fue un éxito; comenzaron a participar en las principales ferias y centros de convenciones de la ciudad, dando el servicio con su artefacto. Sin embargo, y para satisfacción de este grupo de jóvenes emprendedores, surgieron nuevas oportunidades de negocio: sus clientes comenzaron a interesarse por los usos potenciales del dirigible. “Tuvimos ofertas en el ramo de la construcción, donde se requería tomar fotografías a cierta altura para que, con un programa de simulación, se viera la altura en que quedan los pisos de un edificio, la luz que tendrán a diversas horas del día y el paisaje desde las ventanas. También se abrieron oportunidades en registros catastrales, monitoreo de campos de golf y, desde luego, publicidad en exteriores en eventos de gran tamaño”, comenta el ingeniero Pérez Zayas.

El mercado brindó nuevas aplicaciones y nichos para la empresa. No obstante, alcanzar las nuevas oportunidades de negocio implicó resolver un asunto técnico no menor: lograr que un dirigible volara en exteriores de manera estable, donde las corrientes de aire e inesperadas turbulencias pueden comprometer el control de la aeronave. Además, la exposición a los rayos del sol aumenta la temperatura del dirigible y del gas que lo sostiene en el aire (helio), provocando que se complique su elevación. Los vientos y la temperatura son enemigos naturales de los dirigibles y de cualquier aeronave suspendida con gas, por ello los famosos eventos de globos aerostáticos suelen realizarse temprano por la mañana y en lugares con poco viento para minimizar los incidentes de vuelo.

En busca de un nuevo diseño

Para el ingeniero Pérez Zayas y sus colegas existía pues un reto tecnológico: diseñar un aparato que volara resolviendo el problema del calor y del viento, pero que reuniera las condiciones de manipulación y control para una aeronave. Con ese objetivo en mente, aplicaron a la convocatoria del Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) para financiar la investigación y el desarrollo que lograría resolver las condiciones técnicas de su nuevo proyecto. Volar en exteriores es uno de los mejores atributos de los aviones convencionales, pero la experiencia del grupo había sido volar con dirigibles de radiocontrol, por lo que el proyecto se denominó “Aeronave híbrida de radiocontrol como plataforma aérea de aplicaciones”. Con los resultados de este proyecto, los jóvenes ingenieros esperaban colocar una aeronave en nichos de mercado emergentes.

El dirigible estaba adaptado para recibir modificaciones según distintas necesidades, era un modelo fabricado bajo principios modulares, según los cuales cada parte pudo fabricarse por separado e integrarse en la aeronave para aumentar sus funciones y ventajas operativas. El proyecto de la aeronave consistía en combinar las propiedades de un dirigible con las de un avión.

El proyecto constó de diferentes etapas. La primera fue el diseño de la aeronave, que implica la estructura, el perfil aerodinámico, los sistemas de funcionamiento, las capacidades de propulsión, entre otros aspectos. La segunda etapa consistió en la fabricación y pruebas de las piezas, componentes y sistemas, que incluye el diseño, lo

cual implicó la evaluación de los materiales y la eficiencia y seguridad de los dispositivos; también fue necesario realizar trámites ante instancias reguladoras del espacio aéreo. Una siguiente etapa consistió en la integración de los componentes y sistemas en un prototipo para realizar pruebas estáticas de operación y —en su caso— las adaptaciones y la reingeniería necesarias. La cuarta etapa fue probar el prototipo en condiciones atmosféricas variadas, con las cuales se pudo evaluar su funcionamiento real.

En esta última etapa el equipo tuvo elementos que permitieron modificar el diseño del prototipo de la aeronave para hacerla ligera y más apta para el despegue, y también mejoró los instrumentos para el control; asimismo, modificó la arquitectura y el desempeño de algunos instrumentos, por ejemplo, el sistema eléctrico o el tren de aterrizaje. La reingeniería que hicieron a partir de las pruebas dio como resultado una mayor capacidad de control del vuelo y ahorro de combustible y baterías.

Al finalizar el proyecto, obtuvieron un prototipo que cumplía con las condiciones aerodinámicas y estructurales necesarias en una aeronave no tripulada para vuelo en exteriores. Gracias a la vinculación con el IPN, pudieron utilizar algunos laboratorios e instalaciones de investigación para realizar varias pruebas. De esta manera lograron diseñar una aeronave capaz de volar en las condiciones de la ciudad de México.

El prototipo de la aeronave fue construido con materiales ligeros, como fibra de carbono y vidrio, pesaba 35 kilogramos y sus dimensiones eran de 3.20 metros de largo, 5 metros de envergadura, 1.40 metros de altura y una superficie alar de 8.5 metros. Dadas estas características, la nave estaba diseñada para volar a bajas velocidades; sin embargo, debía cumplir con los mismos principios físicos que una de gran tamaño —tripulada o no tripulada—, así como con las normas para cualquier objeto que cruce el espacio aéreo. Este fue otro desafío que enfrentar, pues se trata de una industria donde la seguridad es un factor central y las regulaciones son estrictas.

En general, las grandes empresas tienen infraestructura para hacer múltiples pruebas técnicas, pero en el caso de una pyme es necesario encontrar otras estrategias, como buscar alianzas con centros de investigación que posean el equipo adecuado para hacer pruebas en aeronáutica, por eso la importancia de los vínculos que este grupo de ingenieros tenía con el IPN.

Cuando una empresa está en un proceso de desarrollo de tecnología nueva, una de las principales dificultades por resolver es el escalamiento de un prototipo hacia un producto que pueda venderse en el mercado. Los prototipos suelen validarse con

Al finalizar el proyecto, obtuvieron un prototipo que cumplía con las condiciones aerodinámicas y estructurales necesarias para una aeronave no tripulada para vuelo en exteriores.

pruebas de laboratorio en contextos controlados y con procedimientos de simulación, lo cual no necesariamente ocurre en las condiciones reales del contexto en el que debe funcionar el producto, en este caso un avión no tripulado para exteriores. Al respecto, el ingeniero Pérez Zayas comenta lo siguiente: “Para empezar, una cosa es tener el prototipo con valores aceptables de aerodinámica y otra diferente es validar nuestro avión en vuelo real. Para eso necesitamos hacer una prueba de vuelo. Conseguimos, con unos compañeros egresados de la carrera que ingresaron a la fuerza aérea militar, [un permiso] para que nos permitieran volar nuestro avión en sus instalaciones”. Para sorpresa de todos, el avión no tripulado pudo volar y además mostró capacidades técnicas para hacer cosas similares a otros desarrollos que, según el ingeniero, realizan las naves extranjeras de mayor costo.

Las empresas que incursionan en actividades de base tecnológica pueden ser demasiado novedosas para la economía y encontrar dificultades para articularse en una cadena productiva.

El siguiente paso fue lograr el cumplimiento de las normas del sector de la aviación. Según la legislación vigente, cualquier avión que vuele en exteriores necesita cumplir con todos los requisitos sin importar su tamaño, lo que implica cumplir con bitácoras y planes de vuelo, manuales de operación, registros de mantenimiento, entre otros aspectos, que hacen del espacio aéreo un ámbito seguro, evitando percances o fincando responsabilidades en caso de algún accidente. “Para hacer la prueba con la fuerza aérea militar también nos pidieron un seguro contra accidentes, pues debíamos prevenir que el prototipo dañara un F-15 o la pista de aterrizaje y endeudarnos de por vida; pero nos topamos con que las aseguradoras en México no saben cómo hacer el cálculo y valorar un caso como el nuestro: no contaban con datos previos para calcular el riesgo y el monto de la prima. Al final tuvimos que proveerles de estadísticas y así

conseguimos una fianza para hacer la prueba”, relata el ingeniero Pérez Zayas.

Las empresas que incursionan en actividades de base tecnológica pueden ser demasiado novedosas para la economía y encontrar dificultades para articularse en una cadena productiva, sobre todo cuando implica conocimiento especializado y altas normas de calidad que pueden ser difíciles de cumplir. En el caso de Aerotec, desarrollar un avión con ingeniería mexicana significó un requerimiento particular de insumos para su proyecto, los cuales no eran necesariamente hechos por proveedores establecidos, pues no existía un antecedente similar de fabricación de aviones no tripulados en México.

El avión requiere de un conjunto de materiales que deben garantizar las condiciones aerodinámicas, el peso y la resistencia para lograr potencia suficiente de despegue y control en vuelo de manera estable. El ingeniero Pérez Zayas comenta que la

experiencia previa con el diseño y desarrollo del dirigible fue útil para la selección de los materiales con los cuales fabricaron el avión. El peso acumulado de los materiales es una variable fundamental: “Se buscan constantemente ahorros en peso: dos gramos ya es suficiente para



Prototipo de avión no tripulado.

alterar el vuelo. En nuestros aviones incorporamos materiales ligeros que utilizamos en dirigibles y logramos beneficios en el rendimiento. Llegar a la selección final de insumos no fue difícil, lo complicado vino cuando encontramos que cada una de las piezas debían ajustarse a las normas de certificación y calidad de la industria aeronáutica civil”.

En efecto, la seguridad es un factor fundamental en la industria aeronáutica, casos como el Concorde —que salió del mercado después del trágico accidente en el aeropuerto Charles de Gaulle de París— o el de TAESA en México son algunos referentes de lo que puede pasar con una compañía por tener un primer y único problema de seguridad.¹

Por razones de seguridad, los proveedores de piezas de la industria aeronáutica suelen estar certificados, pero en el caso de un avión no tripulado de menores dimensiones la proveeduría de piezas no cuenta con la certificación necesaria, sobre todo cuando se toman piezas de otras industrias: “Algunas de nuestras piezas no son para aviones, las usamos porque resultan convenientes, pero no están fabricadas por un proveedor certificado. El problema es que, si utilizamos placas de unicelel o plástico compradas en una papelería, cómo podemos garantizar que el proveedor tiene normas que cumplen con la certificación de la industria aeronáutica, cuando el producto no estaba destinado para eso. Para resolverlo, optamos por dar nosotros mismos la certificación de las piezas y del

¹ En julio de 2000 el famoso Concorde de la empresa Air France sufrió un accidente al despegar rumbo a Nueva York. El peritaje del percance concluyó que el incendio del avión fue provocado por una llanta del tren de aterrizaje que se rompió al rodar sobre una pieza de titanio que dejó sobre la pista el avión que había despegado unos minutos antes. También en ese año, un avión de la empresa Transportes Aéreos Ejecutivos (TAESA) tuvo un accidente en Uruapan Michoacán, donde perecieron dieciocho personas. A raíz del percance la autoridad aeronáutica mexicana puso en duda los estándares de seguridad de la aerolínea y, ante la imposibilidad de mejora, dejó de operar. Algo similar ocurrió después con Aerolíneas Azteca.

avión en su conjunto, así la solución de la falta de proveeduría certificada queda bajo nuestro control”.

Las bondades de los programas de incubación

Empresas como Aerotec, que nacen a partir de un proyecto tecnológico, tienen que pasar por un proceso de aprendizaje sobre lo que significa hacer negocios y comercializar productos. El ingeniero Pérez Zayas confiesa que en el primer proyecto del dirigible pusieron mucha atención a los aspectos técnicos de la aeronave, pero descuidaron la parte comercial. Los tecnólogos concentran sus esfuerzos y creatividad en la invención, la concepción de dispositivos tecnológicos y el desarrollo de prototipos, pero suelen poner poca atención a actividades como la gestión y la comercialización, a pesar de que cumplen un papel central en las estrategias de posicionamiento y competitividad de las empresas.

Para facilitar los procesos de emprendimiento, existen diversos centros y programas de incubación en el país, que apoyan proyectos de desarrollo tecnológico y los convierten en empresas. Aerotec es resultado de un proceso de incubación empresarial apoyado por varios programas.

Inicialmente, participaron en la incubadora de empresas de base tecnológica del IPN y, luego, en el programa de formación de emprendedores de la misma institución. A pesar del sólido desarrollo en la parte tecnológica, los ingenieros de Aerotec tuvieron dificultades en su modelo de comercialización, por lo que acudieron a otro programa de incubadoras, esta vez de la Universidad La Salle. Con ello, mejoraron su modelo de negocio y evolucionaron de un enfoque estrictamente tecnológico a otro de corte comercial que pusiera al cliente en el centro del proyecto.

Sobre los beneficios que han encontrado en esta nueva etapa de incubación, el ingeniero Pérez Zayas comenta que el cliente tiene necesidades y expectativas que el empresario debe reconocer, pues son tan importantes como los atributos tecnológicos del producto que se le quiere vender: “Cuando tienes una empresa de base



Prototipo de avión no tripulado.

tecnológica, es normal que te entusiasmen las múltiples posibilidades de la tecnología. Te enfocas en lograr el mejor producto técnicamente hablando y sabes que puede ser superior a muchos otros del mercado. Conoces sus fortalezas técnicas, pero a veces desconoces lo que resulta valioso para el cliente. Algunos golpes nos enseñaron que debemos acercarnos más al

cliente, entender cuáles son sus verdaderas necesidades, y aprendimos a escucharlo para después afinar nuestra propuesta de valor”.

Aterrizando en las pistas del mercado

Después de haber diseñado y fabricado el prototipo del avión no tripulado, cumpliendo satisfactoriamente con las expectativas tecnológicas de los ingenieros, se enfrentaron con el problema de encontrar clientes que tuviesen la necesidad de ese avión: “En un principio queríamos vender aviones, pero en realidad eso no se necesita para el servicio de publicidad o de toma de imágenes y video, vender un avión no tripulado es dar al cliente un problema más que una solución. El avión es una novedad... pero la tecnología es un medio, no una finalidad”.

En esta última etapa, el grupo de ingenieros comprendió que el objetivo de la empresa no debía ser la venta de aviones, sino que las oportunidades de negocio se encontraban más bien en el ramo de servicios aeronáuticos, como la publicidad, la fotografía aérea y los videos con múltiples finalidades.

Vender un avión no tripulado significa para el cliente la necesidad de conseguir permisos de aviación, dar mantenimiento a la aeronave y, naturalmente, recibir capacitación para que no lo estrellé contra la Torre Mayor o en los cerros que circundan la ciudad de México. Algo que, como comenta el ingeniero Pérez Zayas, puede representar un problema para aquellos que buscan realizar monitoreo aéreo con diversos objetivos. Por lo tanto dice: “el avión se convirtió en nuestra herramienta de trabajo y no en el producto para vender en el mercado”.

“El avión se convirtió en nuestra herramienta de trabajo y no en el producto para vender en el mercado”.

En este sentido, Aerotec tiene mayor claridad sobre su mercado, que es principalmente el de la oferta de servicios aeronáuticos para dependencias gubernamentales y empresas constructoras, mineras o agrícolas. Con sus dirigibles y aviones no tripulados puede tomar fotos, grabar videos o recolectar datos para aquellos que van a construir unidades habitacionales, trazar una carretera, medir factores atmosféricos para detectar índices de contaminación o recolectar datos sobre el viento o la humedad. En el área de supervisión, las aeronaves pueden ayudar a detectar incendios forestales y medir el estado de las presas, volcanes o torres y cableados de alta tensión. También es posible realizar el reconocimiento de zonas arqueológicas, urbanas o rurales, entre otros usos.

Entre las ventas de la empresa, tenemos la de una plataforma aérea de aplicaciones para el sector militar en Ecuador, cuyo objetivo fue sustituir un satélite para enlazar ciudades en todo el país, con una importante disminución de los costos. Asimismo, la empresa construyó un dirigible para el servicio del departamento

catastral de Pachuca, Hidalgo, para uso civil. Aerotec no es la única empresa que puede atender el mercado nacional, pues tiene competidores de Estados Unidos, Francia e Israel; pero tiene una ventaja sobre ellos: al ofrecer una plataforma aérea de diversas aplicaciones, puede adaptar sus servicios a las necesidades específicas de los clientes.

Del plan de vuelo al manual de emprendedor

De la trayectoria del ingeniero Pérez Zayas y el ejemplo de Aerotec podemos rescatar lecciones y consejos prácticos para resolver algunas vicisitudes de los procesos de innovación y emprendimiento, sobre todo para jóvenes egresados de licenciaturas en áreas de alta tecnología. La primera es que el conocimiento científico y tecnológico constituye un insumo crucial para formar una empresa de base tecnológica, pero no es suficiente, ya que además debe contar con habilidades relacionadas con la puesta en marcha de un nuevo negocio. Como bien indica el ingeniero Pérez Zayas: “Se debe saber de todo: de la parte tecnológica, administrativa, comercial, legal...; pero hay quienes son mejores que tú y a esos hay que integrarlos al equipo”.



Prototipo de avión no tripulado.

Otro aspecto importante a considerar es el comportamiento del mercado. Aunque el producto sea muy innovador, tecnológicamente eficiente y demuestre su utilidad, hay aspectos institucionales —como reglamentaciones— o culturales —como hábitos de consumo— que dificultan u obstaculizan la venta de los productos. Muchos desarrollos tecnológicos se quedan en inventos patentados cuando no se logran comercializar y la empresa no logra consolidarse. Al respecto, nuestro interlocutor comenta lo siguiente: “Algo muy importante, y que nos hubiera gustado descubrir desde un inicio, es el mercado, sus necesidades... eso ahorra mucho tiempo para definir el negocio al que vas a dedicarte. Afortunadamente, Aerotec supo encontrar algunos nichos para el uso de su invento, dejando sus intenciones de vender aviones para enfocar las metas del negocio a la oferta de servicios con el mismo invento”.

Finalmente, la parte financiera: el aprovechamiento que hicieron los ingenieros de los programas de incubación de empresas y de un fondo que apoya proyectos de innovación, como el FIT, les permitió subsanar algunas carencias de dinero para el despegue de Aerotec. Este es un problema frecuente para muchos jóvenes tecnólogos que quieren crear su propia empresa. Ante la ausencia de créditos de bajo costo y de capital de riesgo, los programas públicos de apoyo a las pymes existentes en México resultan una vía factible para emprender nuevos negocios de base tecnológica. Como bien dice el ingeniero Pérez Zayas: “Para que no tengas que hacer emprendimiento heroico y poner en riesgo tus finanzas personales y las de su familia”.



LIDAG S. A de C. V. es una empresa familiar mexicana creada en 1986 por un exprofesor del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) que buscaba hacer investigación científica desde el ámbito de la empresa privada. Está dividida en cuatro unidades estratégicas de negocio: servicios profesionales, desarrollo tecnológico, investigación científica y formulación y comercialización de productos orgánicos y agronómicos. Parte de su valor agregado es poner atención en las características y condiciones del terreno de los agricultores, proporcionarles un diagnóstico y desarrollar la fórmula adecuada para su producto: un agroinsumo a la medida del cliente.

Actualmente, la empresa cuenta con 36 empleados, 14 de ellos se encuentran de manera presencial en las instalaciones de Monterrey y los otros 22 son agentes de ventas en diferentes estados del país, como Baja California, Sinaloa, Jalisco y Zacatecas.



Capítulo 14

LA ECOINNOVACIÓN PROPUESTA POR UNA PYME FAMILIAR

Es marzo y el típico calor nortero comienza a invadir Monterrey, tiempo distinto al frío seco de nuestra primera visita al Laboratorio de Investigación y Diagnósticos Agropecuarios (LIDAG) S. A de C. V., el año anterior. La empresa es pequeña, y se localiza en una zona urbana no muy lejos del famoso *Tec* de Monterrey. Nos encontramos en una colonia como cualquier otra, donde el paisaje no ha cambiado en varios años: casas con habitaciones en renta para estudiantes, un taller automotriz por aquí, una lavandería por allá, tiendas de abarrotes, una panadería, una papelería, un cibercafé y varios establecimientos de comida.

El paisaje resulta austero e insólito si lo que se tiene en mente es identificar una empresa innovadora, con importantes capacidades de investigación y desarrollo (I+D). No estamos en un parque industrial y mucho menos en uno de los novedosos parques tecnológicos que han comenzado a proliferar en el país, comenzando por la propia ciudad de Monterrey. LIDAG ocupa una casa similar a las de la colonia; carece de oficinas modernas con vidrios polarizados. No hay letreros en la fachada ni cualquier otro distintivo con el que pudiésemos identificar a una empresa que innova cotidianamente.

La empresa fue fundada por una familia que ha sabido transformar la casa en un sitio donde florecen las oportunidades. Hablamos de una familia de científicos que ha hecho del conocimiento la herramienta principal para sobreponerse a las adversidades, crear entornos y construir sueños. Esta es la historia de una empresa familiar como tantas otras en nuestro país, pero que, apostando al desarrollo tecnológico, ha sabido diferenciarse de la gran mayoría de empresas familiares.

Primer salto: de los servicios de diagnóstico a la fabricación de productos

El investigador Antonio Villa, fundador de LIDAG, se graduó en la licenciatura de Química en la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). Posteriormente, hizo

una maestría en el ITESM y finalmente, en 1985, realizó un doctorado en Parasitología Agrícola en la misma institución.

De naturaleza inquieta, el doctor Villa fundó LIDAG en febrero de 1986 —casi inmediatamente después de la conclusión del doctorado—, en la ciudad de Monterrey. Durante el comienzo, la empresa se dedicó a realizar exclusivamente diagnósticos fitoparasitarios¹ para la región. No habían pasado más de seis meses cuando las autoridades del ITESM le solicitaron tomar una decisión crucial: optar por la actividad docente en la universidad o dedicarse a la actividad empresarial.

En el fondo, para el doctor Villa tal decisión significaba elegir entre la seguridad de un trabajo estable y permanente o la incertidumbre que representa iniciar la aventura de una empresa: “O una o la otra, así de simple”, recuerda el investigador. Hoy, somos testigos de una decisión que significó mayores riesgos, pero que sin duda le brindó más satisfacciones.

Al principio, la empresa se dedicó a ofrecer servicios de diagnóstico sobre el suelo y el tipo de fertilizantes o fungicidas agroquímicos que sus clientes requerían. Los clientes eran básicamente del norte de país, sobre todo de los estados de Nuevo León y Coahuila. El tamaño de la empresa no permitía erogar dinero en publicidad, sin embargo, la calidad de sus servicios de diagnóstico valieron para que se corriera la voz, y así fue como LIDAG consiguió más clientes, grandes consumidores de fertilizantes químicos cada vez más alejados de Monterrey.

En efecto, gracias a la difusión y el éxito de sus diagnósticos sobre el tipo de fertilizante que se requiere para cada tipo de cultivo o planta, su mercado fue creciendo hacia otras zonas del país. Entre sus clientes había una empresa fabricante de agroquímicos que, a partir de relaciones de confianza e intercambio de opiniones y propuestas, sugirió la idea de fabricar un fungicida, es decir, un producto que a base de hongos pudiese atacar plagas o enfermedades de plantas y cultivos. Este tipo de producto era novedoso para LIDAG, por lo que la idea

representaba un reto tanto tecnológico como económico.

A pesar de carecer de trayectoria en productos agroindustriales de carácter biotecnológico, los dueños de LIDAG echaron mano de su principal elemento: el recurso humano y el conocimiento científico adquirido en la academia. Así comenzó la labor de investigación y desarrollo en la empresa.

De esta experiencia nació el primer producto de LIDAG destinado a satisfacer la demanda de una empresa en particular. Se trató de un fungicida-bactericida convencio-

Para el doctor Villa tal decisión significaba elegir entre la seguridad de un trabajo estable y permanente o la incertidumbre que representa iniciar la aventura de una empresa.

¹ Relativo a los parásitos de las plantas, www.lidag.com.

nal. Debido a que la empresa familiar no contaba todavía con la infraestructura necesaria, buscaron asociarse con una universidad que tuviera laboratorios adecuadamente equipados para hacer las pruebas necesarias y nada mejor que su antigua universidad: el ITESM. Con este primer producto, la empresa pasó de ofrecer diagnósticos a fabricar algunos agroquímicos de carácter curativo para el sector agrícola, sin embargo, todavía se trataba de un producto convencional, muy difundido en el mercado.

Tan solo un año después de haber nacido, LIDAG había desarrollado su primer producto bajo marca propia. El fungicida-bactericida fabricado no solamente cumplió con las expectativas del cliente y del mercado, sino que dio confianza a los dueños de LIDAG para continuar aprendiendo y desarrollando sus capacidades tecnológicas, las cuales los llevarían a fabricar nuevos productos y, como veremos más adelante, a innovar.

Del mismo modo que con el primer producto, en 1995 desarrollaron un formicida-bactericida que vendría a satisfacer la demanda de una empresa de fertilizantes transnacional. El producto estaba dirigido a combatir una clase particular de hormiga, denominada *hormiga arriera*. Los buenos resultados obtenidos le brindaron prestigio a la empresa familiar: “Ya estábamos haciendo un producto de índole internacional”, recuerda el doctor Villa.

Sin saberlo, LIDAG se había inscrito en el desarrollo de nuevas tecnologías en el campo de productos convencionales para beneficio de un importante sector de la economía del país, como es la agricultura, tanto para pequeños productores y ejidos, como para grandes empresas transnacionales productoras de granos, frutas y hortalizas; además del mercado relacionado con parques, viveros y plantas ornamentales, que también cubre.

La pyme familiar continuó abriéndose paso y avanzó hacia otros estados de la república, como Sinaloa y Nayarit. Cada vez, se trataba de clientes con necesidades diferentes, es decir, nuevos problemas tecnológicos que resolver. Con el correr de los años y la madurez tecnológica adquirida, LIDAG comenzó a realizar productos nuevos, como el Fungilit 25, que controla hongos y bacterias que ocasionan enfermedades a cultivos importantes para el campo mexicano. Desde entonces, ha desarrollado dieciséis productos con tecnologías novedosas, casi uno por año. Ante tal actividad innovadora, los dueños vieron la necesidad de formalizar sus actividades de I+D a través de la creación de un centro que les permitiera crecer y convertirse en una empresa de clase mundial en el campo de la agrobiotecnología.

El segundo salto: infraestructura para la innovación

La creación del centro de I+D fue posible gracias a un proyecto aprobado en el 2008 por el Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y la Secretaría de Economía (SE). La finalidad era contar con recursos que permitieran adquirir la infraestructura y el equipamiento para desarrollar agroinsumos de origen microbiano y orgánico para la producción sustentable.

Con este centro, LIDAG podría incursionar en la fabricación de fertilizantes y fungicidas con base en biotecnología, desarrollar tecnología limpia y reducir paulatinamente la producción de fertilizantes con base en químicos que, como es sabido en el mercado, tiene diferentes grados de toxicidad y en el largo plazo puede dañar los suelos, a veces de manera irreversible.

La familia Villa considera que se sobrepasaron los objetivos planteados inicialmente en el proyecto porque, además de crear el centro para consolidar sus capacidades de I+D, pudieron incursionar en nuevas líneas de investigación y establecer y desarrollar vínculos, también de investigación, con instituciones académicas. Gracias al centro de I+D, la empresa logró desarrollar productos aplicables tanto a la agricultura tradicional como a la orgánica, en cuyo caso no pueden utilizar fertilizantes y bactericidas químicos.

A través de este centro, en el que laboran cuatro doctores en química o en biotecnología, se realiza investigación para generar el desarrollo de productos que contribuyen a mejorar la productividad y sustentabilidad del agro mexicano en dos principales líneas de investigación: biotecnología microbiana con hongos y bacterias y biotecnología vegetal con extractos botánicos, semillas y aceites esenciales.

A la fecha, los productos desarrollados en el centro de I+D son un inoculante simbiótico² para árboles forestales, un fitonematicida orgánico ecológico basado en extractos vegetales y un fungicida biológico para el control de hongos fitopatógenos del suelo. Los propietarios de LIDAG cuentan lo importante que es el apoyo del FIT para pymes familiares como la suya, ya que les permitió acortar los tiempos para adquirir los equipos. Desde el punto de vista cualitativo, el centro les permitió transitar hacia una línea de productos amigables con el medio ambiente.

Aprovechando los conocimientos en biotecnología que ya poseían los miembros de la familia, comenzaron a experimentar con diversas variedades de hongos y bacterias, bajo el principio de que podían ser benéficas para las plantas, aportando nuevos nutrientes o elementos biológicos que contribuyeran al combate a enfermedades. Así nació una nueva línea de productos ecológicos.

En opinión del doctor Villa, la línea de productos que la empresa denomina *ecorracional* constituye una oportunidad para mejorar las condiciones del campo mexicano. Por ejemplo, uno de los productos es restaurador de la microflora benéfica para los suelos; es un producto derivado de la biotecnología que contiene una mezcla de microorganismos benéficos metabólicamente latentes en una solución rica en materia orgánica para que se activen al momento de ser incorporados al suelo. De esta forma se estimula, incrementa y activa la flora microbiana que es útil para evitar el deterioro de los suelos.

Los productos ecorracionales son fertilizantes orgánicos, biodegradables, no tóxicos y brindan beneficios tanto al suelo como a los cultivos. Contribuyen a la mejora física,

² Producto que inocula árboles a partir de la penetración en las raíces, mejorando la absorción de aguas y nutrientes, www.lidag.com.

química y biológica del suelo; permiten acelerar la descomposición de residuos vegetales; incrementan el rendimiento y calidad de las cosechas y, finalmente, coadyuvan a restablecer el equilibrio ecológico del campo.

A partir de la experiencia adquirida y los apoyos otorgados por el FIT, en LIDAG se han generado las capacidades para poner en el mercado productos con las tecnologías más avanzadas y sustentables. Productos que permiten a los agricultores aumentar los rendimientos de la producción. Además, los fertilizantes y bactericidas biotecnológicos son menos costosos que algunos agroquímicos convencionales.

Estos productos les permiten ahora trascender el mercado de los productos convencionales para posicionarse en otros nuevos. Mientras que muchas empresas solo se especializan en alguna etapa de producción, ya sea de transferencia o de comercialización de la tecnología, LIDAG ha generado las capacidades para desarrollar un producto desde la base microbiológica, realizar el compuesto y desarrollar la tecnología de su proceso hasta las pruebas necesarias antes de su salida al campo, así como su producción y comercialización.

La empresa crece a un ritmo de más de 40% anual, un crecimiento notablemente superior al de las empresas de agro-químicos convencionales. El 90% de los productos que ofrecen son aplicables a la agricultura convencional y el restante 10% a la orgánica, lo cual es importante, ya que México ha venido aumentando su participación mundial en el mercado de la agricultura orgánica, en el que hoy ocupa el noveno lugar.

LIDAG pone sus productos de marca propia en el mercado a través de grandes empresas comercializadoras de agroquímicos en México, pero los dueños proyectan extenderse muy pronto hacia el centro y sur de nuestro continente. Actualmente, la pyme posee el 3% del mercado nacional de agroinsumos orgánicos, pero su objetivo es lograr el 10%.

En el mercado de agroquímicos hay grandes competidores internacionales —entre ellos están Bayer, FMC Agroquímica, Syngenta, etcétera—, aunque no todos fabrican productos similares a los de LIDAG, pues muchas de estas transnacionales no cubren segmentos como los inoculantes o los productos derivados de la fitoquímica. A nivel nacional, sus principales competidores pertenecen a la rama de la formulación y están enfocados particularmente en fertilizantes químicos. Por eso, LIDAG ha buscado diferenciarse de ellos dirigiendo su atención a la producción de fungicidas.

En el campo de los laboratorios que dan diagnóstico, LIDAG tiene tres competidores en Nuevo León. Sin embargo, su ventaja frente a ellos es que, además de proporcio-

La empresa crece a un ritmo de más de 40% anual, un crecimiento notablemente superior al de las empresas de agroquímicos convencionales.

nar servicios de diagnóstico, hace la formulación y elaboración de productos especializados para el cliente; es decir, que gracias a su centro de I+D, puede producir biofertilizantes hechos a la medida, según el tipo de suelos, cultivos y condiciones climáticas de los agricultores de alimento para forraje o para consumo humano, o bien de los dueños de viveros y vendedores de plantas para jardinería y ornato.

Los avatares de la innovación

A pesar del éxito que significó realizar productos novedosos para el campo durante una década, la familia Villa se ha enfrentado con problemas que han atrasado el retorno de la inversión y por ende de las ganancias. Uno de los más importantes se refiere a los aspectos tecnológicos.

Debido a la índole de sus productos, LIDAG ha recurrido a distintas instituciones de educación superior y centros para resolver problemas de laboratorio, pues su

centro de I+D no cuenta más que con el equipo indispensable para la formulación y algunos experimentos. De sus convenios con el ITESM aprendieron que la innovación a veces requiere de la cooperación con las instituciones que producen conocimiento, como son las universidades. Sin embargo, la vinculación con estas no ha sido del todo satisfactoria: los permisos que requieren o la formalización de los convenios para colaborar retrasan la obtención de resultados. Como recuerda el doctor Villa: “Hemos ido a algunos centros de investigación en la región para que realicen alguna prueba o caracterización de nuestros compuestos; y de plano, o no les interesa o tardan mucho tiempo”. Además, los tiempos del mercado no siempre coinciden con los tiempos de la academia.

Otro de los grandes problemas a los que se enfrenta LIDAG es un marco institucional inadecuado que por momentos desincentiva la actividad de innovación. La investigación y desarrollo de un producto novedoso se lleva en promedio dos años y medio. Posteriormente, obtener el registro para su comercialización demora en ocasiones hasta tres años. “Nadie se puede dar el lujo de tener parada una inversión

seis años. Es incongruente [...], inviertes mucho dinero en la I+D y luego resulta que no la puedes vender”, afirma el doctor Villa, refiriéndose a los registros y certifica-

“Hemos ido a algunos centros de investigación en la región para que realicen alguna prueba o caracterización de nuestros compuestos; y de plano, o no les interesa o tardan mucho tiempo”. Además, los tiempos del mercado no siempre coinciden con los tiempos de la academia.

ciones sanitarias que las empresas deben solicitar a la Comisión Nacional para la Protección contra los Riesgos Sanitarios (COFEPRIS).

El marco regulatorio institucional no es integral, desvincula las actividades científica y de patentes y el registro de los productos para su comercialización, lo cual, de entrada, genera fuertes barreras y obstáculos que impiden que empresas como LIDAG obtengan el retorno de la inversión utilizada en la I+D y exploten las capacidades científico-tecnológicas adquiridas.

Otro problema al que se enfrentan las empresas tiene que ver con la ausencia de una cultura de sustentabilidad de los productores agrícolas, sobre todo los de pequeña y mediana escala. Tradicionalmente, los campesinos utilizan técnicas de producción que no promueven la conservación de los suelos en el largo plazo, y además utilizan fertilizantes o pesticidas químicos que aceleran su deterioro. Los productos que ha creado LIDAG son bioorgánicos y ecorracionales, lo que quiere decir que su aplicación no deteriora el uso de los suelos para futuras generaciones. A decir del doctor Villa, hace falta crear mayor consciencia en los agricultores de que el suelo es único y debe protegerse para las generaciones futuras.

Al respecto, en LIDAG han tratado de difundir por medio de sus productos una nueva cultura sustentable que enfatice la preservación de los suelos. Sin duda, esto es un problema que trasciende el ámbito de la empresa y solo se logrará con la acción conjunta del gobierno y las instituciones estatales en el mediano y largo plazo.

A pesar de los obstáculos mencionados, el objetivo de la familia Villa persiste: hacer de LIDAG una de las empresas ecoinnovadoras más importantes del mercado nacional e internacional, y coadyuvar a la transformación del comportamiento de los productores agrícolas hacia prácticas amigables con el medio ambiente.

Hacia el mercado global

Desde 1986, los logros de LIDAG han sido muchos. La empresa tiene dos patentes registradas en Estados Unidos y una en Suiza, así como cuatro registros pendientes en el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI). La tecnología que utiliza para la elaboración de sus productos no solo es propia, sino que además es innovadora. Asimismo, tiene la capacidad de hacer diagnósticos y productos a la medida de las necesidades de los agricultores.

A partir del proyecto apoyado por el FIT, la empresa ha creado dieciséis productos, entre los que se encuentran un inoculante, un nematicida³ orgánico —que es el primero de su tipo en el mundo—, un biofungicida, un fungicida-bactericida para la agricultura orgánica y un inoculante para forestales. Actualmente, la empresa está

³ Controla diversos tipos de nemátodos en hortalizas y árboles frutales sin producir efectos negativos, www.lidag.com.

en proceso de desarrollar un bioinsecticida, que en principio tendrá un carácter muy innovador.

Asimismo, uno de los proyectos en ciernes es la creación de un banco de microbios benéficos —único en su tipo a nivel nacional—, que sentará las bases para incrementar las capacidades de investigación científica y aplicada, tanto de la empresa como de las instituciones académicas involucradas en las áreas de la biotecnología y el desarrollo agrícola.

Los resultados de las actividades de I+D han permitido a LIDAG trascender el mercado regional y transitar de los servicios de diagnósticos a la generación de productos ecorracionales novedosos en el mundo. Las ventas han crecido a una tasa anual de casi 40%, y con ello el personal empleado y la red de distribuidores y comercializadores. Sin embargo, las intenciones de colocar sus productos en los mercados de América Latina implican acrecentar la infraestructura para fabricar mayores volúmenes de producto y crear oficinas comercializadoras en varios países, lo que significa obviamente tener mayores recursos económicos.

Por el momento, las posibles estrategias son generar un plan de negocios diferenciando el mercado nacional del extranjero. Hacia el mercado nacional, la meta consiste en crear un modelo de franquicia con el objeto de replicar los laboratorios con puntos de venta para exhibir únicamente los productos LIDAG. Hacia el mercado extranjero, la estrategia es distinta, pues en países altamente agrícolas, con determinadas restricciones a la entrada de compañías externas, será necesario lograr sinergias con las locales. El modelo de negocios es vender empresas *llave en mano*, ofreciendo a los clientes el *know-how*, la patente, los insumos, la capacitación al personal, los estudios de mercado, la viabilidad y los retornos a la inversión. La familia Villa ya se ha contactado con certificadoras en Europa y actualmente revisan su estrategia para vender su negocio *llave en mano* a un cliente ¡en China!

Como vemos, LIDAG no deja de evolucionar, de generar nuevos escenarios y de confiar en la capacidad de sus recursos humanos. La familia Villa no cesa de aprender, de fijarse nuevos retos y recorrer nuevos senderos, pues está convencida de que su apuesta por la innovación sustentable convertirá a la suya en una empresa de carácter global, pequeña pero orgullosamente mexicana.



Tecnoidea (Mastretta Design y Mastretta Cars) es una empresa de diseño industrial, con más de veinte años de experiencia, especializada en la consultoría en diseño de ingeniería para la industria del transporte.

Su pasión por el diseño automotriz se refleja claramente en los diseños de autobuses que ha creado para el sistema de transporte urbano, y el diseño del único y audaz Mastretta MXT, un automóvil que evidencia la creatividad, la innovación y la tecnología que sus creadores ponen en juego en cada proyecto.

Además de estos diseños, Tecnoidea desarrolló y construyó Component Cars, para el mercado norteamericano y japonés, y se hizo cargo del diseño del Metrobús de la ciudad de México.



Capítulo 15

LA INNOVACIÓN CORRE A 230 KM POR HORA: MASTRETTA

La industria automotriz es conocida como una de las más dinámicas en el mundo. Las principales marcas europeas, asiáticas y estadounidenses han repartido la producción de partes y componentes en diferentes países para conformar las llamadas *cadena globales de producción*: el motor se fabrica en Brasil, la caja de velocidades en México, los componentes electrónicos para el equipo de audio en China, los del tablero en Tailandia, otras piezas mecánicas en Colombia y todo el auto se ensambla en Argentina. Este proceso globalizado de fabricación de los automóviles inició, por lo menos, hace tres décadas.

Desde la posguerra, se construyeron las primeras plantas ensambladoras de Ford, General Motors y Chrysler en la zona metropolitana del valle de México. Posteriormente, en los años sesenta y setenta, las empresas estadounidenses construyeron otras plantas armadoras en diferentes partes del país, y aparecieron las ensambladoras de VW y Nissan. Con la apertura comercial y la firma de múltiples tratados comerciales, proliferaron las plantas ensambladoras de marcas asiáticas y europeas, y con ellas llegaron otras empresas transnacionales fabricantes de componentes y piezas tecnológicamente sofisticados, que venían a abastecer a las firmas armadoras. Acompañando este proceso de crecimiento del sector automotriz, nacieron empresas mexicanas fabricantes de partes y piezas metálicas, eléctricas y plásticas, y treinta años después, se sumaron pymes fabricantes de componentes electrónicos y de nuevos materiales. Consecuentemente, la fabricación de automóviles fue atrayendo cada vez más pymes nacionales abastecedoras de varias de las diez mil piezas que comprende un automóvil.

En 2012, se ensamblaron en México 2 884 869 automóviles, es decir, un promedio de aproximadamente 200 mil autos por mes. Del total de autos producidos en el país, 479 681 fueron destinados al mercado interno y 2405 188 al mercado de exportación.¹ Nuestro país es uno de los principales exportadores de autos en el mundo y también

¹ Asociación Mexicana de la Industria Automotriz (AMIA), www.amia.com.mx.

uno de los principales fabricantes y exportadores de piezas y componentes: arneses, cajas de velocidad, cabezas de motor, equipos de audio, asientos y motores son algunas de las muchas partes que se exportan a las armadoras de Asia, Europa del este, Estados Unidos y América Latina.

¿Quién hubiera imaginado un auto deportivo totalmente mexicano? Seguramente muy pocos, pero en la imaginación de los hermanos Mastretta siempre fue posible diseñar un auto que llevara su apellido.

Por más de cuatro décadas, la industria automotriz y de autopartes ha sido fundamental para la economía mexicana: ocupa mucha mano de obra fabril, además de técnicos e ingenieros, tanto en las plantas ensambladoras de las marcas europeas, asiáticas y estadounidenses, como en toda la red de pymes proveedoras, dispersas a lo largo y ancho del país. Sin embargo, a diferencia de lo que ha ocurrido recientemente en la India con Tata Motors, durante todas estas décadas no hubo ninguna empresa mexicana que se aventurara a fabricar un auto con su propia marca.

Pero la situación cambió hace poco tiempo, con la aparición de un auto poco convencional, el Mastretta MXT. ¿Quién hubiera imaginado un auto deportivo totalmente mexicano? Seguramente muy pocos, pero en la imaginación de los hermanos Mastretta —nacidos en Puebla, pero de ascendencia italiana por parte

de su abuelo— siempre fue posible diseñar un auto que llevara su apellido, y sus ideas desembocaron en un producto original para el mercado mexicano e internacional a una velocidad frenética.

Calentando motores: el origen de Tecnoidea

Acudimos a la entrevista a las oficinas de Tecnoidea, ubicadas en un pequeño parque industrial del Estado de México, entre Lerma y la Marquesa. No se trata de una planta ensambladora como las que hemos visitado en otras partes, no es de esas que ocupan muchas hectáreas de terreno con naves, talleres, edificios administrativos, hangares y explanadas donde se estacionan los miles de autos producidos al mes. No, aquí solo hay un pequeño edificio de dos pisos, contiguo a dos naves industriales.

Mientras esperamos que Daniel Mastretta nos reciba en la sala de juntas, por la ventana observamos que en la nave de la izquierda hay unos tres autobuses articulados, mientras que en la de la derecha hay tres o cuatro autos deportivos en diferente etapa de fabricación: uno sin pintura ni puertas, otro sin motor, otro casi terminado y uno amarillo completamente terminado, que resultó ser el prototipo de pruebas.

Tan pronto como nos hemos presentado, Daniel nos comenta que hay dos elementos importantes que contribuyeron a sentar las bases de lo que hoy es una de las

empresas más innovadoras y sorprendentes de la industria automotriz en México, ¿cuáles? Su pasión por el diseño y su preocupación por el deficiente transporte público de las grandes ciudades de nuestro país.

El progenitor de los Mastretta fue amante de los autos y, desde niños, Daniel y Carlos leyeron miles de veces las revistas de autos italianas, americanas e inglesas que su papá adquiría. Daniel comenta que desde pequeño le gustaban los autos, y también dibujar, y que a los dieciocho años decidió mudarse a la capital para poder estudiar la carrera de diseño industrial en la Universidad Iberoamericana y, así, convertir su pasión por el dibujo en una profesión. De esos años, recuerda lo caótico que era el transporte público en la ciudad de México, porque, además, el Metro no existía todavía.

Si, a pesar del Metrobús, las líneas del Metro, el segundo piso del periférico, los autobuses y los microbuses, trasladarse en el Distrito Federal sigue siendo un viacrucis, en los años sesenta las opciones de transporte público y concesionado eran todavía menores. Solo existían autobuses, algunas líneas de trolebús y los denominados *peseros*, autos en los que viajaban hasta seis pasajeros que ascendían o descendían en distintas calles a lo largo de una ruta fija, pagando una tarifa de entre uno y tres pesos.

La primera línea del Metro, inaugurada en septiembre de 1969, transformó la fisonomía de la capital y abrió nuevas posibilidades de traslado, más rápidas y menos costosas que los *peseros*. Pero la tasa de crecimiento de la población y la migración de campesinos a la urbe pronto hicieron insuficientes las tres líneas del Metro que fueron construidas en su primera etapa.

Entre 1980 a 1985, Daniel Mastretta ingresó como funcionario a la extinta Ruta 100, y fue durante esta etapa profesional cuando realizó un viaje a Curitiba, ciudad brasileña en la que tuvo el primer contacto con autobuses articulados y una forma diferente de ofrecer transporte público. Sus recuerdos como joven estudiante en la capital y las dificultades del transporte le hicieron pensar que el autobús articulado podía ser una opción ideal para ciudades grandes como México.

De manera visionaria, intentó convencer a jefes y directores de lo útil que sería tener un servicio similar al de Curitiba en el Distrito Federal, pero, como Daniel recuerda: “las cuestiones políticas estaban por encima de las posibilidades técnicas”. Este primer intento se ahogó en discusiones relacionadas con los intereses gremiales de los trabajadores del transporte público y otras instancias gubernamentales. No obstante, para Daniel Mastretta, la idea de que el autobús articulado era una opción viable para el caótico sistema de transporte urbano en México siguió vigente durante dos décadas. El tiempo se encargó de concederle la razón.

La idea de que el autobús articulado era una opción viable para el caótico sistema de transporte urbano en México siguió vigente durante dos décadas. El tiempo se encargó de concederle la razón.

Después de su etapa en Ruta 100 (1987-1994), Daniel y su hermano comenzaron a dar servicios como consultores de diseño a empresas que fabricaban carrocerías de automóvil. Tenían un taller en Mixcoac, donde construían chasis para autobuses urbanos, al tiempo que daban asesorías a concesionarias de transporte y empresas de fabricantes. También fabricaban carrocerías de fibra de vidrio, imitando modelos antiguos de autos deportivos. Aunque era casi como un *hobby*, les llegaban pedidos de Estados Unidos o Alemania para modelos retro que luego se montaban en chasis modernos.

En esa época, lograron fabricar un primer carro, el Mastretta MXA. El auto consistió en una carrocería de diseño propio montada en un chasis de Volkswagen (VW). De este primer modelo vendieron unos quince autos en México y otros países. Luego vino el Mastretta MXB, que tenía algunas modificaciones técnicas y de diseño con respecto al primero. Sin embargo, ninguno de los dos proyectos representó un producto muy comercializable, pues solo los vendían a coleccionistas.

La pequeña empresa se mantenía de las ventas de chasis para autobús, de las carrocerías retro y de los servicios de consultoría; pero vino la crisis de mediados de los noventa y los clientes escasearon. La solución fue ofrecer un servicio integral, ir más allá de la consultoría en diseño y ofrecer un producto más completo: realizar moldes y prototipos. “En ese momento pensamos: si no se pueden vender coches, vamos a hacer camiones”, comenta Daniel.

Entonces, el taller de Mixcoac se convirtió en una empresa donde se hacían diseños y prototipos de camiones. Durante este tiempo se fueron consolidando las capacidades tecnológicas, el conocimiento y los recursos humanos necesarios para dar un salto cualitativo importante. Como era de esperarse, de la caja de los sueños salió un diseño que estuvo guardado durante dos décadas: el prototipo de un autobús articulado.

Nave 1: acelerando

Hay en el mundo muchas armadoras de autobuses que fabrican autobuses articulados, como Mercedes Benz o Volvo, pero las características del diseño Mastretta hacen que su autobús sea más económico y eficiente. Las etapas del proceso de fabricación también han permitido abaratar 30% el costo y sustituir la importación de piezas en diversas etapas de la producción.

Las características del diseño Mastretta hacen que su autobús sea más económico y eficiente.

La forma convencional de construir un autobús articulado, que consiste en instalar el motor de forma horizontal, desgasta el motor 20% más. Los Mastretta idearon la manera de construir un autobús con un motor vertical en el lado del conductor. La configuración de un autobús de motor delantero tipo bóxer combinado con otro articulado es única. “Combinamos una tecnología muy moderna con otra muy probada y conocida”, afirma Daniel Mastretta.

El motor colocado en la parte delantera queda separado de la zona donde van los pasajeros, lo que hace al autobús más ligero y eficiente, pues, aunque tiene los mismos caballos de fuerza que otros modelos, consume menos combustible por su ligereza. Además, comenta Daniel que el mantenimiento de los motores verticales es también muy económico.²

La fabricación del prototipo de este autobús fue posible gracias al proyecto apoyado por el Fondo de Innovación Tecnológica (FIT) en 2007. Los hermanos Mastretta estaban convencidos de que contaban con la tecnología mexicana necesaria para desarrollar un autobús con costos menores y mayor eficiencia; un producto que podía satisfacer las necesidades de transporte urbano en México y en otros países. Un producto que podía contribuir a mejorar los sistemas de transporte y disminuir los problemas de tráfico y contaminación.

El proyecto se ejecutó satisfactoriamente y los hermanos Mastretta lograron patentar el diseño novedoso de la carrocería y la aplicación de articulación a un motor delantero.

El prototipo de autobús articulado que vemos en las instalaciones de la nave 1 fue vendido a una empresa mexicana, situada en Pachuca, que se encarga de producirlo completamente. Es un autobús utilizado, por el momento, para transporte de personal, pero que ya ha sido ofrecido a las autoridades municipales de algunas importantes ciudades del país para su introducción como una modalidad eficiente de transporte público urbano.



Ensamble manual del auto Mastretta.

² Sobra decir que los motores que Mastretta utiliza son de última generación, es decir, con menores grados de contaminación que muchos de los autobuses urbanos que circulan en nuestras ciudades.

Nave 2: entrando a la recta final

En la segunda nave observamos el proceso de ensamble del Mastretta MXT, al final de la línea de producción se ven flamantes un auto deportivo negro, uno rojo y otro amarillo. Al negro le estaban haciendo acabados especiales a petición del comprador, un conocido empresario de Jalisco. Al rojo le faltaba colocar el poderoso pero ligero motor de doscientos cincuenta caballos de fuerza. El amarillo, completamente armado, es el que se utiliza para prueba de manejo de los posibles clientes.

En el taller de Mixcoac, los hermanos Mastretta habían realizado dos réplicas retro de los años setenta, una de un modelo Porsche y la otra de un Corvette. Pero no fue hasta que encontraron el programa de Alto Valor Agregado en Negocios con Conocimiento y Empresarios (AVANCE) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a mediados de 2004, que vieron la oportunidad de hacer el primer prototipo del MXT con un diseño y tecnología propios. “Ya sabíamos lo que queríamos hacer, y cuando tuvimos la convocatoria en nuestras manos, no nos costó trabajo llenar la solicitud”, comenta Daniel.

La apuesta era vender en uno de los nichos del mercado de autos: el de autos deportivos que pueden circular en la ciudad. Para ser un fabricante de autos en serie se necesita tener, mínimo, quinientos millones de dólares, mientras que, para ser fabricante de autos de nicho, se requiere mucho menos capital. En este sentido, Daniel Mastretta analizó que el mercado mundial de autos en el que habían pensado tenía mucho potencial, y era factible que una empresa de escala pequeña pudiera generar aportaciones tecnológicas interesantes.



Vista parcial del Mastretta MXT.

Además, como en México el costo y la mano de obra son menores que en Europa o Estados Unidos, los costos de producción disminuirían y el precio final del auto sería competitivo a nivel internacional. La meta principal sería colocarlo en mercados europeos y estadounidenses, pues en México el mercado es muy estrecho para este nicho. Daniel comenta que más de 20% de una producción anual de ciento cincuenta autos MXT nunca podría ser vendida en México.

El desarrollo del prototipo del auto culminó en 2006, gracias al apoyo del programa AVANCE. El siguiente paso era producir el modelo en su totalidad.

En 2009, los hermanos Mastretta sometieron su segundo proyecto de innovación a las convocatorias del FIT con estos objetivos:

- 1) Construir e instalar una planta para la fabricación de prototipos finales y preseries de producción.
- 2) Generar desarrollos tecnológicos adicionales al prototipo creado anteriormente, específicamente las bolsas de aire frontales y laterales y los sistemas de control de tracción y de control electrónico de estabilidad.
- 3) Iniciar los procesos finales de comercialización, lanzamiento y difusión.
- 4) Comenzar el proceso de protección industrial a nivel internacional: marca y patentes.

En el mercado mundial hay muchos tipos de autos deportivos, unos más caros que otros; unos más lujosos que otros. Sin embargo, el MXT es un carro novedoso porque tiene algunas características inigualables, tanto por su diseño como por la estructura de sus componentes. Tiene cualidades únicas en términos del reparto de cargas y la potencia del motor. Por otro lado, la configuración del chasis de aluminio y fibra de carbono le da al carro una estructura muy fuerte, pero a la vez muy ligera.

El diseño del chasis es de vanguardia y la empresa ya obtuvo la patente. Está hecho con base en extrusiones de aluminio, muy original y apropiado para bajos volúmenes de producción. Además, su comportamiento es idóneo en cuestiones estructurales y de rigidez. Asimismo, los aspectos relacionados con la estabilidad, la aceleración de cero a cien kilómetros por hora y la relación peso-potencia reflejan un desempeño similar o mejor al de otras marcas.

La producción de cada auto: armado, montaje de piezas y partes, y acabado final, se hace prácticamente de manera manual por personal altamente calificado. Cada Mastretta MXT es una especie de obra artística de precisión y velocidad.

Hoy, la empresa tiene capacidad para producir cien vehículos al año, a un precio de venta de sesenta mil dólares, y la mayoría son sobre pedido; pero el objetivo de Tecnoidea es producir doscientos automóviles al año.

Parada en los *pitts*: los retos para Tecnoidea

Como menciona Daniel Mastretta, los objetivos del proyecto del autobús articulado se cumplieron en 100%, ya que se consiguió el diseño y la realización de un vehículo que se puede fabricar totalmente en el país. No obstante, aún se encuentran en la fase de prototipo porque, junto con la empresa que se encargará de su producción final y venta, han encontrado diversos obstáculos para comercializar el autobús mexicano. El reto es generar la demanda.

El sistema tipo Metrobús ha demostrado que es una alternativa excepcional para las grandes ciudades de nuestro país. Empero, aún existen muchos problemas con el tipo de transporte público que visualiza el gobierno. Se requiere de muchos encuentros, presentaciones y negociaciones con los dirigentes de diferentes instituciones gubernamentales encargadas de habilitar el esfuerzo de empresas como Tecnoidea para abrir mercados y generar oportunidades, con la intención de que un producto como el autobús articulado hecho en México muestre su superioridad técnica y económica.

En la experiencia de Daniel Mastretta, las grandes empresas que producen el autobús articulado dedican gente a esta actividad de cabildeo. Empresas de mediana y pequeña capacidad administrativa necesitan repartir entre sus recursos humanos las cargas para las distintas actividades de gestión. “Ya hemos ido a visitar autoridades en Puebla y el Estado de México [...], lo que nos interesa es que el concepto tenga éxito y se comercialice”, menciona el director de Tecnoidea.

Por otro lado, si bien ya se encuentran en las primeras etapas de comercialización del Mastretta MXT (se habían vendido dieciséis hasta mediados de 2012), necesitan acelerar los procesos de aprendizaje que les permitan incrementar la velocidad del montaje final. Han mejorado el tiempo de producción, gracias a la contratación de nuevo personal, pasando de treinta a cuarenta empleados en el último año.

Un aspecto adicional que falta por resolver para cumplir su meta de venta anual de autos es contar con toda la normatividad y trámites que representa su exportación. Sin embargo, la norma europea está sujeta a cambios conforme la tecnología disponible va cambiando. En este sentido, el ajuste a dicha normatividad hace que la exportación del MXT se retrase por cambios sufridos en las normas de fabricación de este tipo de autos, por ejemplo, relativos al desempeño del motor y el consumo de combustible. Cambios como estos obligan a la empresa a realizar modificaciones menores en algunas partes del vehículo, de manera que debe haber una constante actualización de diseños, ingeniería y ejecución.

La cuestión del ajuste a las normas resulta más complejo de lo que parece, porque algunas de las piezas y equipos que lleva el auto son subcontratados a terceros. Este es el caso, por ejemplo, del motor —que es de Ford—, los faros de iluminación, la caja de velocidades, etcétera. Los cambios en las normas implican modificar diseños de esas partes que son fabricadas por los proveedores, quienes, además, por lo general fabrican series de productos estandarizados y en grandes cantidades. La producción de

pequeños lotes de piezas para Mastretta ya representa en sí misma una negociación que lleva tiempo; más aún cuando a medio camino hay que modificar algún diseño.

Estas adecuaciones, por pequeñas que sean, pueden tener impactos en el costo final y variar los márgenes del precio de venta, lo cual afecta la rentabilidad de una empresa cuya competitividad está en la calidad del producto y no en el volumen. Sin embargo, tales circunstancias no abaten los esfuerzos ni la tenacidad del director de Tecnoidea, quien confía en que las ventas del auto irán en aumento en los próximos años.

En las competencias de velocidad, la entrada a *pitts* significa una parada obligatoria para el ajuste de los niveles de combustible y los cambios de llantas. De la misma manera, en Tecnoidea los obstáculos solo se convierten en un pretexto para ajustar y redoblar esfuerzos con la intención de continuar la marcha hacia la realización de sueños en un mercado nada usual para empresas mexicanas.

Hoy, la empresa de los hermanos Mastretta ha consolidado sus capacidades de diseño, ingeniería y fabricación con dos productos de alta calidad para finalidades distintas:

- 1) Un autobús articulado para transporte urbano, masivo, ecoeficiente y de bajo costo.
- 2) Un automóvil deportivo eficiente, ligero y de precio competitivo.

Los logros de Tecnoidea sirven de inspiración para fomentar una mayor cultura de innovación y emprendimiento en México. El mensaje es que, con innovación y tecnología, se pueden hacer productos de precisión, calidad y competitividad, en escenarios altamente competitivos donde, hasta ahora, solo empresas estadounidenses o europeas han tenido éxito.



Un MXT casi terminado.



Marcela Amaro

Doctora en Ciencias Sociales, con especialidad en el área de Economía y Gestión de la Innovación, por la UAM-Xochimilco. Actualmente realiza el posdoctorado en el Instituto de Investigaciones Sociales de la UNAM. Además se desempeña como consultora en diversos temas relacionados con la ciencia, la tecnología y la innovación. Correos electrónicos: marcela.amaro.rosales@gmail.com y marcela.amaro@bstigroup.com

Edgar Bañuelos

Gerente de Proyectos del Centro de Competitividad e Innovación de la Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas. Cursó la maestría en Economía y Gestión del Cambio Tecnológico en la UAM-Xochimilco y la licenciatura en Ingeniería Eléctrica en la UAM-Azcapotzalco. Se especializa en temas de gestión de la tecnología y evaluación de políticas en ciencia, tecnología e innovación. Correos electrónicos: ebanuelos@caname.org.mx y edgarbave@gmail.com

Antonio Chiapa

Maestro en Economía y Gestión del Cambio Tecnológico por la UAM-Xochimilco, especialista en estadística por el Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas de la UNAM y evaluador del Premio Nacional de Tecnología e Innovación. Cuenta con quince años de experiencia en evaluación, difusión, análisis, medición y talleres sobre proyectos de innovación y modelos de gestión de cambio tecnológico en aspectos cuantitativos y cualitativos. Correo electrónico: antoniochiapa@gmail.com



SOBRE LOS AUTORES

Alberto Morales

Investigador posdoctoral en la UAM-Xochimilco, doctor en Economía por la UNAM y maestro en Economía y Gestión de la Innovación por la UAM. Ha participado en diversos proyectos de investigación nacionales e internacionales. Los temas en los que se especializa son innovación tecnológica, indicadores de ciencia y tecnología, economía institucional y gestión tecnológica. Correo electrónico: almoralesanchez@gmail.com

Leonardo Souza

Economista por la Universidad Autónoma de Chihuahua y maestro en Economía y Gestión de la Innovación por la UAM-Xochimilco, donde actualmente cursa el doctorado. Pertenece al grupo evaluador del Premio Nacional de Tecnología e Innovación y realiza actividades de consultoría en temas de desarrollo económico, innovación y tecnologías emergentes. Correo electrónico: likuid_2000@hotmail.com

Daniel Villavicencio

Profesor-investigador de la UAM-Xochimilco en el posgrado de Economía y Gestión de la Innovación y el Área de Análisis y Gestión Socioeconómica de las Organizaciones (AGSEO). Doctor en Sociología Industrial por la Universidad de Lyon II, Francia. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1991, nivel III. Ha sido consultor de organismos internacionales y nacionales en temas de políticas de ciencia, tecnología e innovación. Correos electrónicos: dvillavic@correo.xoc.uam.mx y dvillavic@adiat.org

Hoy, las empresas viven en el marco de un modelo novedoso de generación de valor y riqueza basado en el conocimiento: un recurso intangible e inagotable que permite obtener ventajas competitivas sostenibles en el tiempo. Además, varias empresas adquieren, desarrollan y aprovechan el conocimiento científico y tecnológico de forma estratégica para crear innovaciones que diferencien sus productos y servicios de los de sus competidores.

La innovación, como proceso que dinamiza la economía y los mercados, además de haber sido un fenómeno muy estudiado durante las últimas tres décadas, se ha difundido recientemente hacia un gran número de sectores de la industria, los servicios y algunas actividades del sector primario.

Los sectores y mercados que cuentan con empresas cuyas estrategias competitivas se fincan en la innovación fortalecen las condiciones para generar valor y, en el largo plazo, mayor riqueza para la sociedad. De aquí que la innovación pueda entenderse como un motor de cambios estructurales con capacidad para inducir la evolución del sistema económico: aquella empresa que se propone conservar su mercado, ampliar su cartera de clientes, distinguirse de sus competidores y mejorar sus ventas, debe agregar valor a sus productos y, para ello, necesita innovar.

En este libro, el lector encontrará varios ejemplos de innovación en pequeñas y medianas empresas mexicanas de muy distintos sectores. Algunos de ellos relacionados con tecnología de reciente aparición en el país como la aeroespacial o la biotecnología de alimentos; y otros más tradicionales y de menor intensidad tecnológica, pero con propuestas muy novedosas. Estos muestran que diferentes factores pueden impulsar la innovación y que el origen de un proyecto innovador puede partir de diversas fuentes: los clientes y el mercado, la dinámica de aprendizaje de los ingenieros abocados a la I + D, la estrategia de largo plazo de la empresa o, incluso, un viejo sueño de un empresario, madurado con el tiempo. Además de lo exitoso de cada proyecto, el común denominador de los ejemplos que presentamos es que todos fueron apoyados por el **Fondo de Innovación Tecnológica** (FIT) de la Secretaría de Economía (SE) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).