Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica

Página principal: www.riiit.com.mx

Propuestas para fomentar la innovación tecnológica en México diagnosticadas de entrevistas con tecnólogos expertos, y de la política pública vigente en ciencia y tecnología

Proposals to encourage technological innovation in Mexico diagnosed from interviews with expert technologists, and from the current public policies on science and technology

Vargas Rojas, E.,[1,2*] Medina Benítez, C.[2]

[1] INSTITUTE FEMTO-ST 24 chemin de l'Épitaphe, 25000, Besançon, France.
[2] IPN-ESIME Ticomán. Ave. Ticomán 600, Col. San José Ticomán, 07340, DF, México.
* 3rikvargasrojas@gmail.com

Innovación tecnológica: Uso de TRIZ e Ingeniería Inversa como métodos para la innovación tecnológica acelerada.

Área de aplicación industrial: Académica, educación universitaria, industria metalmecánica, y todas las relacionadas con el desarrollo de productos.

Recibido: 08 Mayo 2017.
Aceptado: 14 Agosto 2017.

Resumen

La situación actual de México en lo que a desarrollo e innovación tecnológica se refiere es descrita a través de comunicaciones, entrevistas y análisis que son efectuados en conjunto con tres expertos tecnólogos que son a su vez académicos universitarios, científicos y promotores de la innovación tecnológica, de la ciencia y de la vinculación academia e industria. El tema se desarrolla identificando los diferentes niveles de la innovación tecnológica; se expone además la situación actual de México por medio de patentes registradas y concedidas, del coeficiente de invención, de las publicaciones científicas, además de parámetros económicos. A continuación se expone la estrategia del actual gobierno federal para fomentar la inversión y para articular nuevos organismos consultores relacionados con ciencia, tecnología e innovación. Luego de ello se proponen soluciones gracias a la información recopilada a través de las referidas comunicaciones y de investigación documental de la prensa escrita nacional. Finalmente, se señalan los retos a afrontar por parte de los actores de la innovación tecnológica de México.

Palabras clave: Desarrollo tecnológico, Educación, Innovación tecnológica.

Abstract

The current situation of Mexico concerning technological development and innovation is described via communications, interviews and analyses that are done together with three expert technologists, university academics, scientists and promoters of technological innovation, science and of partnerships between academy and industry. The topic is developed by identifying the different levels of the technological innovation; in addition, the present-day situation of Mexico is exposed with the number of registered and issued patents, the coefficient of invention, scientific publications, and economical parameters. Next, the strategy of the incumbent federal government to promote financial investment, and to group new consultancy agencies related to science, technology and innovation is exposed. Solutions are then proposed based on the said communications and from an extensive documentary research of national print media. Finally, the challenges to be confronted by the actors of technological innovation in Mexico are pointed out.

Keywords: Technological development, education, technological innovation.

1. Introducción

1.1 Definición de innovación tecnológica

De acuerdo con el filósofo Bontems, la innovación es el eje rector de toda política pública de investigación (2014, p. 39). Por ejemplo, en 2010 la Comisión Europea fijó como objetivo desarrollar una "Unión Europea de la Innovación" para el año 2020. La estrategia llamada "Europa 2020" es la continuación de la Estrategia de Lisboa, propuesta en el 2000 y cuyo objetivo es el de hacer de la UE "la economía líder basada en el conocimiento" (Notat, 2005). Es así como la competitividad, el empleo y el nivel de vida en la UE se basa en su habilidad para promover a la innovación como el medio para resolver problemas de orden social como el cambio climático, la escasez de recursos naturales, la salud y el envejecimiento. Sin embargo, en el referido documento "Europa 2020", con una extensión de 49 páginas, el término innovación es citada más de 300 veces sin nunca ser definido. Según Bontems el término innovación se interpreta como un hecho, es omnipresente, e incluso se vuelve evidente en la literatura gris (Klein, 2015, 02:55). Entonces, para contar con un marco de referencia se retoman las definiciones de innovación dadas por el DLE de la RAE: "innovación es la creación o modificación de un producto, y su introducción en un mercado; la acción y efecto de innovar". El verbo innovar hace referencia a mudar o alterar algo, introduciendo novedades. Existen varias maneras de innovar en todos los campos de la actividad humana, tanto en las ciencias exactas, sociales o humanísticas. Según Coronado et al., (2005, p. 17) la Genética, la Biotecnología, la Ciencia de los Materiales, la Nanotecnología, la Informática y la Educación son las ramas del conocimiento que han tenido los mayores avances en el siglo XXI. A partir de las definiciones dadas queda claro que la innovación es una actividad intrínseca a todo proceso creativo en la generalidad del pensamiento y del quehacer humano. Por consiguiente y dada la naturaleza de este análisis, es conveniente limitar sus alcances a aspectos cuantitativos y cualitativos relacionados con la innovación de productos. En ese sentido, el Manual de Oslo (2005), documento que busca definir por medio de la teoría económica a los indicadores de la innovación, la define como: "la introducción de un bien o servicio nuevo significativamente mejorado en cuanto a sus características o uso que incluye la mejora significativa de las características técnicas, componentes,

materiales, informática integrada, facilidad de uso u otras características funcionales". La expresión innovación tecnológica no está definida por la RAE ni por el Manual de Oslo, aunque se infiere como la creación o mejora de productos o procesos, definición tradicional en Economía dada por Schumpeter (1934) en 1911. Entonces, se propone a continuación una definición propia a partir de los términos sistema y sistema técnico.

Según el DLE un sistema es "un conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto". Bogdanov (1989, p. 48) lo define como "una multitud de elementos inter-conectados que poseen una propiedad (sistémica) común que no se reduce a las propiedades de sus elementos". La expresión sistema técnico, que al ser traducida del Ruso resulta sinónimo de sistema de ingeniería, es definida de manera similar por Shpakovsky (2003) como: "conjunto de elementos que interactúan de manera ordenada, que poseen propiedades que no se reducen a las propiedades de los elementos constitutivos, y que es concebido para llevar a cabo funciones útiles". En este contexto el término innovación tecnológica se acuña como: "la acción y efecto de innovar sistemas técnicos".

1.2 Innovación tecnológica en México

México, con dificultades para promover actividades que generen valor agregado y riqueza, se rezaga, por el contrario invierte en paquetes tecnológicos comprados a otros países. No siempre ha sido así pues desde la Gran Depresión de 1929 y hasta antes de la apertura comercial de la década de los 80 con la entrada de México al GATT y antes del ocaso del MSI (decreto de 1964 que estipuló que el contenido de piezas de fabricación nacional en el ensamble de los vehículos debía ser de 60% sobre los costos directos de producción, la prohibición de la importación de vehículos ensamblados y que las materias primas de extranjeras fueran sometidas a permisos de importación; Bretón & Sánchez, 2011, p. 164), algunos sectores y empresas de manufactura mexicanas desarrollaban tecnología echando mano de la ingeniería inversa y de investigación propia (Ramos, 1996, p. XIV–XVI). Incluso, el MSI se concebía cómo la vía hacia el desarrollo (Vázquez, 2017, p. 12). Al mismo tiempo las políticas proteccionistas del gobierno aseguraban el crecimiento económico aunque no el desarrollo pleno de la industria nacional (Bretón & Sánchez, 2011, p. 188). Por ejemplo, el PIF convirtió desde 1965 a la franja fronteriza norte en una plataforma para la exportación de manufacturas ensambladas en el país con materia prima y componentes importados en plantas de propiedad extranjera (López, 2004; Rubio, 2016). Así, desde hace poco más de 50 años la industria metal-mecánica mexicana se instala cada vez más como de maquila, situación que se observa en el sector de la electrónica, en la incipiente industria aeronáutica, o en la automotriz como lo señalan Bretón & Sánchez (2011) al analizar el caso de los industriales de Hermosillo que entre 1985 y 2011 no habían logrado insertarse en la cadena productiva de la planta Ford Motor Company. La industria metalmecánica no es la única afectada, también lo son los servicios (transporte), y la educación universitaria como a continuación se expone.

La falta de una política en C+T+I en México provoca la fuerte dependencia tecnológica del STCM con Francia, país en el que se diseñaron los primeros trenes desembarcados desde 1956, según refiere Toro González, director de IDT del STCM (Universia, 2008). Esta situación implica comprar componentes y servicios en euros a precios fluctuantes y desfavorables.

En lo que a la educación universitaria se refiere, véase el caso de la asignatura de Diseño de Elementos de Máquina impartida a

estudiantes de Ing. Aeronáutica, e Ing. en Sistemas Automotrices en ESIME Ticomán. Esta asignatura fue reformada en 2005, pasando de dos cursos semestrales a uno solo en el que los contenidos sobre métodos de diseño son nulos, y en la que sólo se consideran los siguientes tópicos en una sesión de 1.5 hr de un total de 108 hr: Qué es el diseño mecánico; proceso del diseño mecánico; enfoques del diseño; organización del proceso de diseño; tipos de diseño mecánico; ciclo de desarrollo de un elemento mecánico. Es decir, en una asignatura básica de dos licenciaturas clave para el desarrollo de tecnología los métodos de diseño no están contemplados, quedando su enseñanza a criterio del docente en turno.

¿Cómo revertir entonces los efectos no deseados de la adopción del esquema de una economía neoclásica implementada por el polémico Consenso de Washington que mantienen al país como histórico exportador de materias primas y que lo arraigan cada vez más como exportador de manufacturas e importador de tecnología con cada vez menos desarrollo tecnológico propio?. La respuesta no está nada más en lo que señalan Bretón & Sánchez (2011, p. 187–191): implementación de políticas públicas y programas de carácter industrial que fomenten la competitividad y productividad no nada más de las empresas extranjeras transnacionales; creación de agrupaciones industriales (clústers); fomento de las inversiones de riesgo; inserción real de las empresas nacionales en las cadenas productivas; campañas de difusión de los programas y servicios que ofrecen los organismos gubernamentales y privados; apoyos reales, efectivos y transparentes; dejar de lado actitudes paternalistas. La respuesta se retoma de Bonsiepe (1978, p. 95): "la condición sine-qua-non para salir del gueto del subdesarrollo está en la tenacidad para crear innovación por uno mismo. La importación de tecnología empeora el mal que se pretende curar".

El Manual de Oslo (2005, p. 56) señala que las actividades específicas para innovar son las siguientes –entre otras actividades varias destinadas a impactar el ciclo de desarrollo de un producto, incluyendo la mercadotecnia y la gestión de la organización implicada:

1. I+D, es decir, investigación fundamental y aplicada, invenciones específicas y modificación de técnicas existentes;
2. Definición de nuevos conceptos de producto o proceso.
3. Puesta a punto de nuevos conceptos de producto o proceso (desarrollo, ensayos, investigaciones posteriores);
4. Explotación de las propias capacidades de diseño y desarrollo.

1.3 Hipótesis, objetivo, alcances y método

El desarrollo de tecnología en México se ha visto menoscabado por la conclusión del MSI y por la apertura comercial, ambas implementadas en la década de los 80, lo que ha significado una fuerte dependencia hacia tecnologías extranjeras y que la industria metalmecánica mexicana se arraigue cada vez más como una industria de maquila, razón por la que los tecnólogos mexicanos se forman cada vez menos hacia el desarrollo de sistemas técnicos. El objetivo de este ensayo es establecer propuestas que fomenten el desarrollo y la innovación de sistemas técnicos en México. Debido a ello se investiga si los métodos de desarrollo de productos y de sistemas técnicos impactan alguna de las cuatro actividades específicas previamente listadas. Por la naturaleza del análisis a efectuar, estas propuestas son de carácter académico universitario. Como método, y como lo sugiere el Manual de Oslo (2005, p. 30) se lleva a cabo una revisión de la productividad nacional en lo que a patentes y bibliometría se refiere. Además, se pretende

entender y caracterizar la situación actual del país en lo que a innovación tecnológica y actividad inventiva se refiere a través de comunicaciones, entrevistas y análisis efectuados en conjunto con tres expertos tecnólogos que a su vez son académicos universitarios, científicos y promotores de la innovación tecnológica, de la ciencia y de la vinculación academia con industria. Luego de ello se proponen acciones para satisfacer las áreas de oportunidad identificadas.

2. Niveles de innovación tecnológica

De acuerdo con el método TRIZ creado por Genrich Altshuller (1994) en la URSS para llevar a cabo innovación tecnológica de manera sistemática los sistemas tecnológicos presentan cinco niveles. Ver Figura 1.

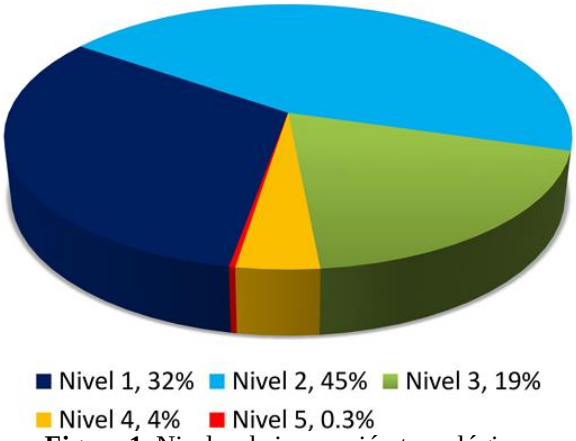


Figura 1. Niveles de innovación tecnológica.
Fuente: Coronado et al. (2005).

- Nivel 1. Soluciones simples de un problema técnico que no requieren de gran sofisticación y que pueden ser resueltos por cualquier persona cercana al problema. La solución existe dentro de un área perfectamente definida de una profesión.
- Nivel 2. Mejora que requiere de un pensamiento más avanzado que el nivel anterior. El problema y su solución se ubican dentro del entorno de una industria y la necesidad se resuelve mediante conceptos y principios existentes. Por ejemplo, la protección de las mejoras se da a través de modelos de utilidad.
- Nivel 3. Invenciones que resuelven problemas más complejos. El problema y su solución se circunscriben a una ciencia determinada como la Química, la Física, la Biología, etc. Se requiere definir el estado de la técnica de la invención, siendo esta el conjunto de conocimientos que se han hecho públicos, así como por la explotación o por cualquier otro medio de difusión o información. A partir de este nivel las invenciones se protegen por medio de patentes.
- Nivel 4. En este caso se habla de un cambio de paradigma mediante el cual se crea todo un nuevo sistema o proceso tecnológico. El problema se ubica dentro de un entorno de la ciencia y su solución se encuentra fuera de ese entorno.
- Nivel 5. Descubrimientos. Trata de las invenciones pioneras que crean un nuevo sistema o proceso. Tanto el problema como su solución se encuentran fuera de los límites de la ciencia conocida en el momento. Este es el nivel más avanzado de innovación tecnológica.

3. ¿Cómo medir la innovación tecnológica?

Según del Manual de Oslo (2005, p. 29) hay dos familias básicas de indicadores que interesan directamente para la medición de la innovación: los recursos dedicados a I+D y las estadísticas sobre patentes. Las inversiones en I+D son gastos corrientes y de capital público y privado invertido en trabajo creativo realizado sistemáticamente para incrementar los conocimientos sobre la humanidad, la

cultura y la sociedad, el uso de los conocimientos para nuevas aplicaciones, investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental. La bibliometría y otros tipos de indicadores proporcionan información complementaria.

3.1 Patentes

Una patente es la certificación otorgada en México por el IMPI, tanto a personas físicas como a empresas, la cual permite explotar de manera exclusiva soluciones que consisten en nuevos productos o procesos durante un plazo improrrogable de 20 años contados a partir de la presentación de la solicitud. La importancia de una patente radica en que con este monopolio temporal se promueve la creación de invenciones de aplicación industrial, se fomenta el desarrollo y la explotación de la industria y el comercio, así como la transferencia de tecnología. Además, según el Manual de Oslo (2005, p. 30) las estadísticas sobre patentes son indicadores de los resultados de las actividades de investigación.

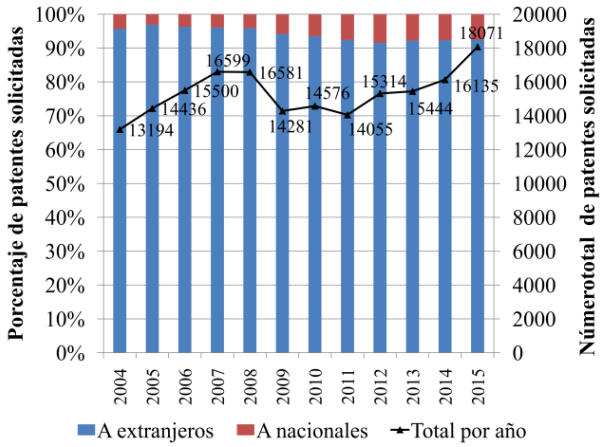


Figura 2. Número total de patentes solicitadas en México de 2002 a 2014 y respectivos porcentajes de las solicitudes de extranjeros y mexicanos.

Fuente: IMPI.

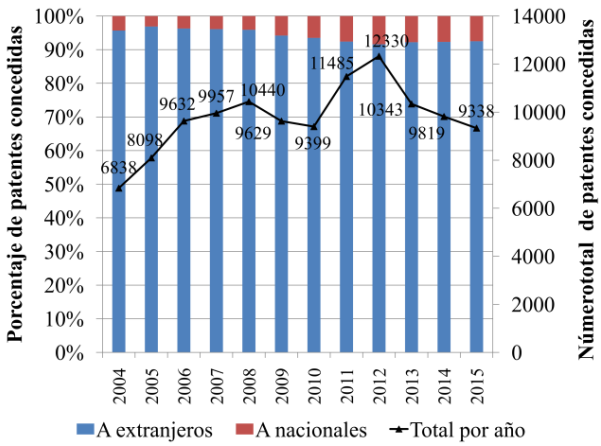


Figura 3. Número total de patentes concedidas en México de 2002 a 2014 y respectivos porcentajes de las solicitudes de extranjeros y mexicanos.

Fuente: IMPI.

En México se patenta muy poco, situación que resulta reveladora con el número de patentes solicitadas año con año con respecto a otros países. Por ejemplo, al 2015 menos del 8 % de las patentes solicitadas y menos del 5 % de las patentes concedidas en México son de ciudadanos mexicanos. De acuerdo con la Oficina de Patentes y Marcas estadounidense (US Patent & Trademark Office, 2013) en 2013 en EUA se concedieron 147,652; en Japón 54,170; en Alemania 16,605; en Corea del Sur 15,745; en Taiwán 12,118; mientras que para México sólo se reportan 204. Según el análisis de Santamaría & Castro (2016, p. 15–18) hecho con datos del IMPI, en ese año en México se solicitaron 15,444 patentes de las cuales el 92.2% corresponde a solicitudes de extranjeros y 7.8% a nacionales. De 10,343 que fueron concedidas en ese mismo año, 97.1% corresponden a extranjeros y 2.9 % a nacionales; véanse las Figuras 2 y 3. En cifras globales recopiladas por el US Patent & Trademar Office (2015) desde 1977 hasta 2015 se contaba un total histórico de 5,739,851 patentes, de las cuales el 52.7 % corresponde a los EUA, mientras que México había aportado apenas el 0.052 % con 3,006 ocupando además el lugar 32 en la lista.

Por otro lado, las estadísticas sobre patentes se pueden complementar con las de publicaciones

científicas (bibliometría); los artículos aparecidos en revistas profesionales y técnicas; y los recursos humanos cualificados (Manual de Oslo, 2015, p. 30).

3.2 Coeficiente de invención y bibliometría

Este es otro indicador para medir el nivel de innovación y desarrollo que considera la producción nacional de patentes tomando en cuenta el número de habitantes de un país. Es de esperarse que los EUA, con el 266 % de la población mexicana en 2014, cuenten con una producción científica y tecnológica aún mayor, ¿pero cuánto? Es por esto que se introduce el coeficiente de invención que corresponde al número de patentes que se registran por cada 100,000 habitantes y que son solicitadas por residentes del país en el que se hace la solicitud (Ísmodes, 2006). Es decir, no se consideran las solicitudes de registro de patente de inventos desarrollados en otros países. Los EUA destacan nuevamente quedando México muy rezagado (ver Figura 4). Los países listados en las Figuras 4 a 7 se consideran por ser los países punteros globalmente (Alemania, Canadá, EUA, Francia, Japón, Rusia); o en la región Iberoamericana (Brasil, España, Portugal); o como en el caso de Corea del Sur por ser el país que el imaginario colectivo compara con México como lo muestran Flores (2012) y Olivares (2016). Márquez (2010) reporta que en 1960 Corea del Sur tenía un ingreso por habitante de 0.6 con respecto al de México; actualmente dicha cifra es casi 2.5 veces.

Otros criterios de productividad científica y tecnológica corresponden al número de publicaciones anuales registradas en el índice de citas "Science Citation Index" normalizado a 100,000 habitantes (base de datos documental de publicaciones científicas y tecnologías indexadas por Thomson Reuters también conocido como ISI haciendo referencia al primer organismo que llevó a cabo esta recopilación), el cual se ilustra en la Figura 5. Otros sistemas de registro de publicaciones científicas son Pascal, Compendex, Inspec.

3.3 Parámetros económicos

Se consideran criterios de desarrollo económico en los que se incluye la inversión normalizada en I+D por cada millón de USD invertidos (Figura 4), así como el PIB que corresponde al valor monetario de los bienes y servicios finales producidos por un país en un período determinado. Es un indicador del crecimiento de la producción de bienes y servicios de sus empresas dentro de un territorio y es también un criterio para medir la competitividad de las empresas. En lo que respecta al número de patentes otorgadas a nacionales y el PIB, Sarmiento et al. (2017) corroboran que no hay relación directa.

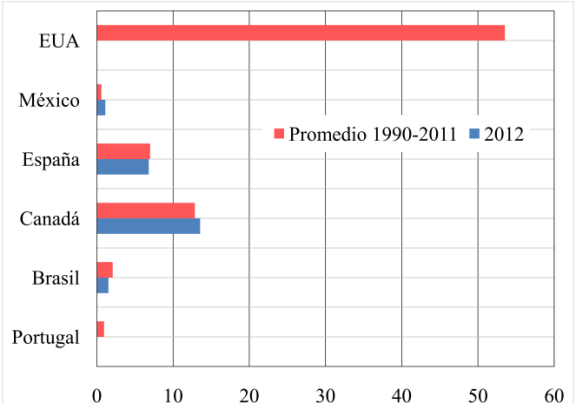


Figura 4. Coeficiente de invención anual para algunos países; los datos de EUA corresponden al periodo 1990-2007, y de Portugal de 1990 a 2004.
Fuente: RICYT.

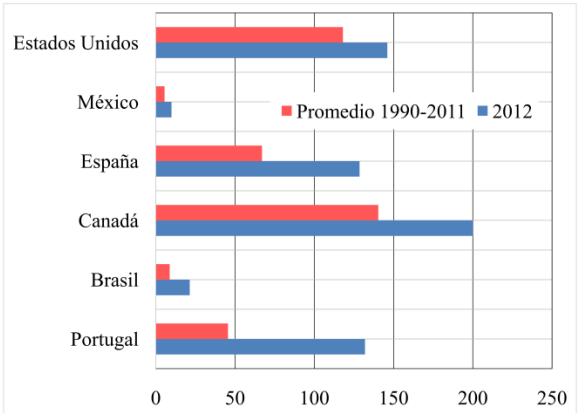


Figura 5. Publicaciones anuales registradas en el SCI por cada 100,000 habitantes.
Fuente: RICYT.

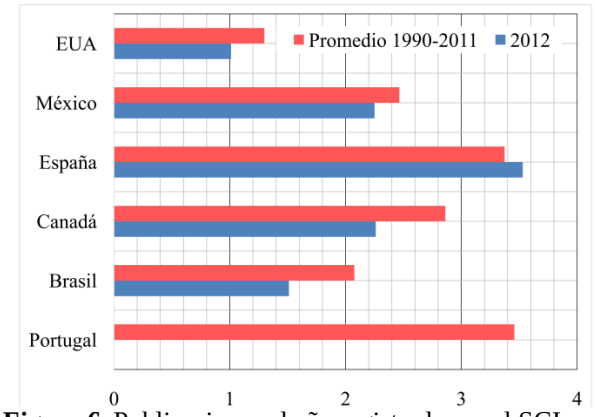


Figura 6. Publicaciones al año registradas en el SCI por cada millón de $USD invertidos.
Fuente: RICYT.

Otro parámetro económico a considerar es el PPA o tipos de cambio que igualan el poder de compra de las monedas. Para poder equiparar el poder de compra hay que eliminar las diferencias en los niveles de precios. Por lo tanto, el PPA tiene dos funciones: conversión de monedas a una divisa común, y eliminación de las diferencias en los niveles de precios. Cuando los países comparten una misma moneda, como es el caso de 16 de los 28 países que conforman la zona euro en 2017, la primera función del PPA es innecesaria. Así el PPA convierte diferentes monedas a una moneda común y, en el proceso de conversión, estas igualan su poder de compra al eliminar las diferencias en los niveles de precio entre países. Cuando el PIB de los países se convierte a una moneda común con PPA son valuados al mismo nivel de precio y sus cocientes sólo reflejan diferencias relativas en los volúmenes de bienes y servicios comprados en los países. En la Figura 5 se muestran los resultados al comparar periodos en distintas épocas para un mismo país.

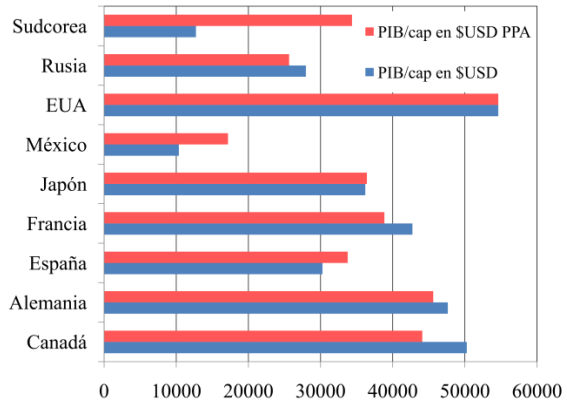


Figura 7. PBI/cápita en $USD y PBI/cápita en $USD PPA.
Fuente: Banco Mundial.

4. La ignorancia funcional histórica y la situación en los albores del gobierno Peñista

El problema por la falta de innovación en C+T en México es inmenso y sigue sin estar bajo la lupa de los gobiernos nacionales que en la materia ignoran su ignorancia –parafraseando a Arango [ca. 2008] –. Entre otros muchos, otros factores de la baja productividad en México se pueden citar la falta de acumulación de conocimiento, rezago en el uso de nuevas tecnologías, y un engranaje institucional incapaz de promover la innovación: ni el sector público ni el privado invierten lo suficiente en I+D (0.54% del PIB en 2014 según datos del Banco Mundial). Según el diario el Economista, dentro de los países de la OCDE, al 2013, el gobierno mexicano es el que menos destina a estos rubros con una inversión directa de sólo 0.01% del PIB (El Economista, 2013). De acuerdo con el Informe

de la UNESCO sobre la ciencia hacia el 2030 (UNESCO, 2015), se da una visión de este sector en 108 países en el periodo 2009 a 2014, la inversión gubernamental pasó de 0.20 % del PIB en 2005 a 0.38 en 2013, lo que significa un incremento de 30 %. En el mismo periodo la participación de la iniciativa privada se redujo de 0.18 % a 0.17 %.

Por otro lado, la inversión indirecta, generada por incentivos fiscales es inexistente. No existe tampoco financiamiento mediante fondos de capital de riesgo ni recursos humanos suficientes para innovar: México tiene el menor número de investigadores per cápita entre los países de la OCDE, dato que corrobora el Dr. Bolívar Zapata, responsable al 2015 de la CCTI (La Jornada, 2015). Tampoco se ha creado una cultura de colaboración en proyectos de innovación: al 2010 sólo el 6% de los proyectos tecnológicos se realizan conjuntamente entre empresas e investigadores (Márquez, 2010).

En otro rubro, muestra tácita de la situación en lo que a trámites de protección intelectual se trata, de 36 a 60 meses puede tardar el IMPI en conceder una patente (Santamaría & Castro, 2016, p. 17), mientras que en EUA ese tiempo se reduce a 12 meses.

El gobierno Peñista (01 de diciembre 2012 a 30 de noviembre 2018) propone cambios para el tema de C+T+I que buscan paliar la penosa situación del país (Vidales, 2013):

1. Coordinación. Se busca transitar de una economía basada en la explotación de los recursos naturales (petróleo sin lugar a dudas) a una economía basada en el conocimiento. Para ello son necesarias las iniciativas que buscan coordinar los esfuerzos de la sociedad y las instituciones. Un ejemplo de estas iniciativas es la emprendida por la UNAM quien encabeza una propuesta de agenda nacional en C+T+I publicada a finales de 2012 (UNAM, 2012). En este documento se propone como objetivo estratégico para la política de estado que la ciencia sea prioridad nacional expresada de la siguiente manera: "hacer del conocimiento y la innovación una palanca fundamental para el crecimiento económico sustentable de México, que favorezca el desarrollo humano, posibilite una mayor justicia social, consolide la democracia y la paz y fortalezca la soberanía nacional"; además de que "el fortalecimiento de la inversión en educación, así como en C+T+I no es un lujo, sino una verdadera necesidad, porque invertir en estos rubros es invertir en competitividad y en el empleo de calidad". Para lograr esto se debe replantear el sistema nacional de C+T+I, aprovechar el bono demográfico, la posición geográfica, la cercanía con EUA y, a los científicos y tecnólogos nacionales.

2. Incrementos en el presupuesto asignado a C+T+I. El gobierno Peñista asignó recursos equivalentes a 70 mil 300 millones de pesos ($5,020 millones USD) en 2014 lo que representa un incremento de 15 % con respecto a lo destinado por el gobierno anterior, pero sólo es el 0.4 % del PIB aproximadamente, lo cual está por debajo de los índices de otros países que invierten más en esta materia (Israel llega al 3.5 %). De acuerdo con Ísmodes (2006, p. 40) aquellos países en los que se invierte en educación, así como en investigación, desarrollo e innovación en ciencia y tecnología, son los que crecen de manera regular y sostenida.

3. Creación de instituciones para la coordinación de las actividades relacionadas con la C+T+I. Tal es el caso de la CCTI creada expresamente para que junto con el CONACyT se coordinen los esfuerzos de los diferentes actores de manera eficiente para buscar mayores recursos y que estos se usen adecuadamente. De acuerdo con su director, el Dr. Bolívar Zapata, entre sus tareas más inmediatas está "el análisis del marco jurídico, de los instrumentos que marca la

ley, como son los fondos mixtos y sectoriales, con la finalidad de que sean elementos que puedan manejarse de manera más amigable, con menos trabas burocráticas, buscando que a los investigadores se les respete. Porque muchos de los centros CONACyT, por ejemplo, son manejados como para-estatales, y los investigadores tienen que enfrentar problemas muy delicados en el manejo de los recursos. Lo mismo ocurre con los institutos nacionales de salud" (El Economista, 2013). Otros organismos de relativa nueva creación son la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación del Distrito Federal; el Consejo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Estado de Guerrero; o la Agenda Ciudadana de Ciencia, Tecnología e Innovación, la cual es un grupo de instituciones dedicadas a la educación, ciencia y tecnología que con el apoyo de las comisiones de Ciencia y Tecnología del Congreso sugirió la propuesta de una agenda de temas relacionados con la C+T+I con el fin de que estos fueran analizados e incluidos en el PND 2013 a 2018.

4. Fortalecimiento del CONACyT.

5. Análisis de la situación nacional de la innovación según expertos

En el marco de esta investigación se consultó a tres investigadores mexicanos, cada uno de ellos especialista en su área. Los tres comparten el papel de promotor de la innovación ya sea por medio del uso de herramientas conceptuales concebidas para dicha tarea, o por medio de la formulación de estrategias de vinculación academia–industria.

5.1 Métodos para la innovación tecnológica acelerada

En primer lugar, se cita al M. en C. Rafael Oropeza Monterrubio, coautor del libro "TRIZ, la metodología más moderna para inventar o innovar tecnológicamente", autor de los libros "TRIZ, la metodología más avanzada para acelerar la innovación tecnológica sistemática", y "Niños y jóvenes creativos e innovadores en un tris con TRIZ". El método TRIZ se basa en el análisis de decenas de miles de patentes y tiene el objeto de extraer los principios de inventiva que sirvieron para resolver algún problema tecnológico. Se basa en 40 principios de inventiva que aplicados adecuadamente permiten resolver problemas de inventiva o de innovación tecnológica.

El maestro Oropeza fue catedrático e investigador durante más de 30 años en la ESIQIE del IPN, además fue galardonado con el Premio del Milenio Mundial del Cuarto Concurso Internacional 2009–2010 por su proyecto para el establecimiento de un método que permita resolver las trabas de la C+T. A pregunta expresa sobre si se innova en México, el maestro Oropeza responde (Oropeza, 2014): "Sí se innova e inventa en México especialmente en las empresas multinacionales donde se tiene la cultura de la innovación de sus ejecutivos y con ello motivan a las personas que trabajan para ellos. Uno de los principales problemas que tenemos en nuestro país es que en la mayoría de las universidades públicas, incluyendo el IPN, los profesores no motivan a sus alumnos a ser creativos e innovadores porque ellos mismos no lo son, lo cual no sucede en las universidades privadas. Lo que nos falta es la cultura de la innovación. Esto no es imposible aunque si algo difícil de lograr. Ejemplos de este tipo de cultura se tienen en Japón, Alemania, Corea del Sur, etc."

Una idea similar expuso en 2012 el Dr. Franco López, presidente de la AMC. En aquel año México cayó del lugar 37 que ocupaba en 2007 al 79 en el reporte del GGI, una lista de

141 países elaborado por la OMPI: "en países como Japón, Corea del Sur y EUA, el grueso de las patentes no las desarrollan los grupos de investigaciones en las universidades, son las empresas quienes están generando nuevos productos"; además, observa que la innovación en las empresas en México se da fundamentalmente en aspectos administrativos (Cárdenas, 2012).

Desde la publicación de su primer libro en 2005, el maestro Oropeza se enfocó a introducir el método TRIZ en las instituciones académicas mexicanas. En ese sentido son ya varias las universidades mexicanas que se han sumado a esta tarea, aunque no de manera consistente. La AMETRIZ se ha encargado de proporcionar un foro para la discusión de ideas, la comparación e intercambio de resultados y en general la divulgación y promoción de la utilización del método TRIZ para el desarrollo de la creatividad, la inventiva y la innovación en México. En su página de internet se listan las siguientes instituciones académicas que imparten dicho método generalmente a través de seminarios o diplomados: (en orden alfabético) BUAP, IPN, ITE, ITESM, ITO, ITP, UDG, UNAM.

Al hacer una búsqueda en los portales de internet de cada institución asociando la palabra TRIZ, sólo la UNAM muestra una actividad continua por medio de la elaboración de tesis de licenciatura y de maestría llevadas a cabo en la FI: Hernández Bautista, N., Valentín de Jesús, J. (2005), Rojas Huerta, A. L. (2006), Dorantes Cuauhtle, L. T. (2007), Mireles Avelino, R. (2008), González Salinas, S. (2009), Joya Cruz, M. (2009), Mendoza Bravo, O. (2010). Por el contrario, al hacer una búsqueda en la base de datos de las tesis en formato digital de otras universidades los resultados son nulos. Los artículos publicados en el congreso sobre TRIZ organizado por AMETRIZ hasta 2013 (8º Congreso AMETRIZ Mérida, Yucatán; con 19 artículos disponibles en línea) revela que son las siguientes instituciones las que están trabajando con el método TRIZ: Universidad Tecnológica De Huejotzingo (UTH); Universidad Autónoma de Yucatán; Instituto Tecnológico de Piedras Negras; Instituto Tecnológico Superior de los Ríos; Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, además de la BUAP y el ITESM. Cabe destacar la fuerte presencia de la UTH.

5.2 La vinculación academia e industria

Otro investigador consultado es el Dr. Ismeli Alfonso López, Dr. en C. en Metalurgia y Ciencias de los Materiales por el Instituto de Investigaciones Metalúrgicas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Además, fungió como Secretario Técnico de Vinculación en el IIM de la UNAM. El Dr. Alfonso afirma que gracias a este puesto él fue el encargado de tramitar patentes y convenios, buscar financiamiento para proyectos, realizar transferencias de tecnología, participar en foros organizados por diferentes asociaciones relacionadas con la C+T+I como la SE, el CONACyT, la AMC, la ADIAT o el FCCyT.

Según el Dr. Alfonso, en los foros organizados por estos organismos la constante es la falta de innovación en México, el exceso de artículos científicos con respecto al número de patentes, la baja tasa de transferencia de tecnología, la falta de oportunidad para los jóvenes, y la excesiva importación de tecnologías (Alfonso López, 2014): "Sí se innova en México, pero no lo suficiente, pues es necesario que haya un mayor número de trabajos o proyectos destinados a suplir importaciones, que hacen que todo el capital finalmente se vaya a otros países. Ejemplos de casos exitosos los hay, y cada año los vemos en el Simposio de Vinculación Academia e Industria llevado a cabo en el Congreso Internacional de Investigación en Materiales organizado por la Sociedad Mexicana de Materiales, pero son

pocos". El Dr. Alfonso agrega "...es del interés de las autoridades rectoras de la ciencia en nuestro país que no sólo existan estos casos independientes de éxito, sino que se cree una cultura general de vinculación academia–industria, donde ambas partes ganen. Las modificaciones realizadas a la Ley de Ciencia y Tecnología han permitido que el número de proyectos conjuntos entre la academia y la industria aumente de manera importante, gracias a diferentes fuentes de financiamiento. La vinculación debe contribuir a generar un cambio de mentalidad tanto en empresarios como en académicos, contribuyendo de manera especial al desarrollo de México".

Relacionado con lo anterior, otro problema derivado de la falta de vinculación es el desempleo debido a que la gente no está preparada para lo que el mercado necesita, y las instituciones educativas preparan gente con habilidades que no encuentran lugar en el medio laboral. Así, las instituciones dan formación o muy particular o demasiado genérica mientras que los mercados y las industrias van evolucionando, y se crean brechas que no se están salvando con el talento disponible (Maldonado, 2015).

5.3 La extracción de tecnología

Por otro lado, el M. en C. en Ingeniería Mecánica por el IPN, y especialista técnico en procesos de manufactura y metrología dimensional por la ENSAM, Sergio A. Villanueva Pruneda, fue profesor de la UAM Azcapotzalco, y autor de los libros "Manual de Métodos de Fabricación Metalmecánica" y "Metrología para Manufactura", promotor del método de extracción de tecnología (Villanueva, 1996). El maestro Villanueva coincide en su respuesta en que no se innova tecnológicamente, o muy poco fuera de los tres grandes centros industriales mexicanos: (1) DF y Estado de México; (2) Nuevo León; (3) Jalisco; y de los tres polos de desarrollo ligados a la industria automotriz: ciudades de Puebla, Cuernavaca y Guanajuato. Dada la pertinencia de su respuesta, esta se reproduce íntegramente (Villanueva Pruneda, 2015): "Me parece que para hacer innovación tecnológica debes crearla, producirla, manejarla y eso a mi modo de ver lo hacemos poco pues la mayor parte de la tecnología que se maneja en el país es extranjera. Por lo anterior es que hace mucho he considerado que la extracción de tecnología es un magnífico método que ya he probado en muchas ocasiones que es efectivo para aprender a generar tecnologías (es como el aprender a nadar, en esto no hay teoría; o aprendes a flotar y a respirar estando en el agua y luego a desplazarte, o siempre te la vas a pasar abrazado de un flotador en el agua, o no te metes en ella)".

Considerando el ciclo de desarrollo de un producto, ilustrado en la Figura 8, existen las tecnologías:

1. De definición, ligadas a la etapa del diseño de detalle, que son los dibujos y especificaciones de los productos;
2. De fabricación, que indican el cómo y con qué hacer;
3. De control, que implica cómo y con qué se mide para controlar las producciones.

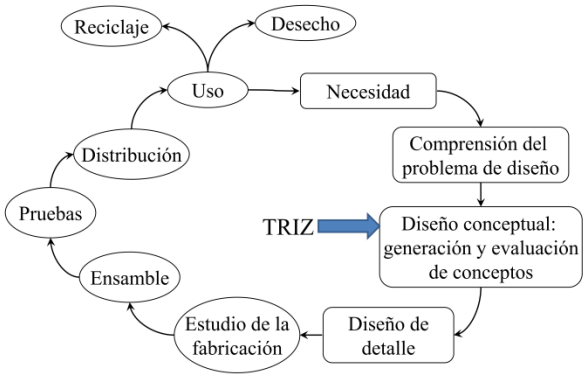


Figura 8. Ciclo de desarrollo de un producto.
Watanave (2000).

De acuerdo con el maestro Villanueva, "en México prácticamente se hace casi nada, porque todo viene resuelto desde el exterior en paquetes tecnológicos que generalmente se le rentan al país. Incluso en las escuelas de enseñanza media y superior o universitaria poco se abordan estos temas o son minimizados porque a una buena parte de la gente (y a veces a los propios directivos o incluso a los profesores) no les gusta dibujar, no les gustan las matemáticas aplicadas, no les gusta pensar".

–¿Qué nos falta?– "Pienso que sólo se puede innovar tecnología cuando se conocen muy a fondo todas las etapas de la concepción, la fabricación y el control del producto que se maneja y creo que para nuestra desgracia cada vez son menos los productos que realmente se hacen íntegramente en nuestro país. Lo que tendríamos que hacer es elaborar íntegramente todos los productos que nos hacen falta por nosotros mismos y así con el tiempo llegaríamos a la deseada autosuficiencia alimenticia, de transporte, de vivienda, de vestido, de comunicación, etc. Si hiciéramos lo anterior se crearían muchas fuentes de empleo que hoy han desaparecido, habría trabajo para mucha gente, pero mientras se siga pensando y fomentando la compra del exterior, vamos a seguir siendo exportadores de mano de obra barata e incluso de cerebros brillantes." Al respecto, el autor Andrés Oppenheimer (2014) en su libro "¡Crear o morir! La esperanza de Latinoamérica y las cinco claves de la innovación", hace un análisis de la situación y propone cómo deberían actuar el conjunto de los países latinoamericanos para reducir el atraso en C+T, así coincide al respecto: "Nuestros países deben innovar ya sea inventando nuevos productos de cualquier orden, –lo que comúnmente se llama innovación de producto–, o descubriendo formas de producir más eficientemente productos existentes –lo que se llama la innovación de proceso–. Lo importante es innovar, crear productos o procesos de todo tipo, y de cada vez mayor valor agregado, que puedan ser vendidos globalmente y no quedarse estáticos".

6. Propuestas para innovar y desarrollar tecnología en México

A continuación se lleva a cabo un análisis a partir de las intervenciones de los expertos consultados.

- Vincular a la gente con la ciencia. México está perdiendo muchas oportunidades históricas por una falta de visión integral no nada más del gobierno, sino de la sociedad, y en ella de sus académicos, científicos, investigadores, tecnólogos y estudiantes. Precisamente, el Dr. De la Fuente, resalta la importancia de vincular a la gente. Reconoce que uno de los problemas que han impedido que México avance hacia la sociedad del conocimiento tiene que ver con la desvinculación histórica que ha habido entre ciencia y sociedad en México: "los científicos, probablemente, no hemos tenido el cuidado de estar más cerca de la sociedad, y hacer que esta entienda y, por consecuencia, respalde a la ciencia". Considera además que si los diversos grupos empresariales mexicanos se ocuparan por tratar de vincular sus productos o servicios con la ciencia, y si este modelo se reprodujera n veces, en unos cuantos años se podría tener un panorama muy diferente y una sociedad del conocimiento (Rodríguez, 2014). Una idea similar expone el maestro Oropeza en su libro en la que un experto de la Universidad de Harvard sugiere que México puede salir del subdesarrollo con cinco mil cerebros, es decir, gente creativa, emprendedora e innovadora. Según el académico "crear 10,000 compañías nuevas de más de 10,000 millones de

dólares anuales de ventas puede significar la diferencia" (Coronado, et al., 2005). El investigador basa su opinión en un estudio detallado de la revista Bioentrepreneur en el que se pone de ejemplo a China y Corea del Sur, países en los que se ha fomentado la creación de empresas biotecnológicas apoyadas con capital de riesgo. Con este esquema, las empresas han generado $4,800 MUSD cada año en los últimos 15 años, retribuyendo los recursos invertidos, creando empleos, exportando productos y vendiendo patentes. Oropeza señala además que las empresas creadas son en su mayoría (79 %) propiedad de ciudadanos locales, muchos de ellos con posgrados en el extranjero que regresaron a su país de origen, tanto por responsabilidad social como por su confianza en los gobernantes y en el sistema político, situación que no sucede en México. El becario mexicano en el extranjero que se repatría se enfrenta a inestabilidad social y política, incertidumbre económica, bajos salarios, e incluso desempleo debido a una formación altamente especializada (Martínez, 2013).

- Volver a enseñar los métodos de diseño, rediseño e innovación tecnológica. La propuesta de Oropeza (2009) se fundamenta en el uso de la TRIZ como eje conductor para la innovación. A pesar de ello, no hay una sola institución académica nacional que integre TRIZ en su currículo. También es de llamar la atención que son principalmente los Institutos Tecnológicos los que la están utilizando. Es decir, las así llamadas "grandes universidades nacionales" no están involucradas salvo la UNAM a través de la FI, el ITESM y la BUAP. En su momento, la propuesta del maestro Oropeza consistió en proponer la formación de grupos de instructores en innovación tecnológica basada en TRIZ, en la que se considere a las mujeres e incluso a los niños. El objetivo de dicha propuesta busca generar cientos de empleos para técnicos medios e ingenieros en todas sus ramas dado que la capacitación en TRIZ se puede enfocar de acuerdo con el nivel escolarizado de los interesados.
- Se propone integrar el método TRIZ como parte de los programas de estudio de las licenciaturas en las que se resuelvan problemas de inventiva, diseño, análisis, síntesis y creatividad. Considerando estos criterios las carreras de ingeniería relacionadas con el desarrollo de productos resultan todas involucradas. Dentro del ciclo de desarrollo de un producto (ver Figura 8), la etapa del diseño conceptual es una ocasión ideal para usar este método, como lo demuestran Vargas Alcaraz (2011), y Vargas Rojas et al. (2014). Se pretende seguir utilizando los métodos originalmente articulados por Ramos Watanave (2000) implementados hasta hoy en la asignatura de Diseño de Elementos de Máquina con resultados satisfactorios como son el QFD en la etapa de identificación de la necesidad; el análisis funcional como la base del diseño conceptual complementado con técnicas para la generación y selección de ideas; así como los métodos tradicionalmente usados en el diseño de detalle. Todos estos métodos, articulados adecuadamente permiten el desarrollo de productos que cumplen con los requerimientos inicialmente establecidos basándose en la identificación de una necesidad real.
- Derivado de este análisis se propone llevar a cabo un estudio del impacto y de la pertinencia de la implementación del método TRIZ en el currículo de las carreras de Ingeniería en Aeronáutica e Ingeniería en Sistemas Automotrices de ESIME Ticomán del IPN con la finalidad de generalizarlo al resto de las carreras de ingeniería del IPN.

Además, a partir de un análisis de la bibliografía, particularmente de la prensa escrita se propone lo siguiente:

- Ampliar la misión de la universidad. La misión de un académico / profesor /

investigador es, aparte de construir una carrera en la investigación y la enseñanza, también es la de hacerlo sobre una tercera actividad muchas veces olvidada que es la de la difusión de la cultura científica hacia la ciudadanía (Bonton, 2014). En la misma línea el Dr. Yacamán expresa: "La misión del docente es investigar y compartir el conocimiento. La principal función de una universidad es educar al nivel más alto y la investigación dentro de una universidad tiene por objetivo principal educar a los estudiantes en la frontera del conocimiento. Desde luego que la investigación en la universidad debe producir publicaciones de alto nivel y resultar en tecnología que pueda comercializarse".

–¿Cómo debería ser la investigación según el Dr. Yacamán?– Respuesta: "Enfocada a los problemas del país, de frontera, no definida por los intereses personales del investigador ni estar modulada por la necesidad de publicar para fines de evaluación. En la ciencia moderna los temas importantes son los que llevan a desarrollos tecnológicos, a la innovación, a la generación de trabajos y al desarrollo del país. La ciencia y la cultura aisladas del contexto social no tienen sentido en el siglo XXI" (Yacamán, 2015). Redirigir a la investigación es entonces uno de los grandes retos de la ciencia en México.

- Rediseñar el currículo contemplando la enseñanza de idiomas extranjeros y otras actividades cognitivas. Otra área de oportunidad que se presenta a nivel nacional es la limitante derivada por la falta de un segundo idioma diferente a la lengua materna, particularmente el inglés. Así, se vuelve necesario implementar una segunda lengua en los planes de estudio desde la educación básica, ya que los niños tienen mayor capacidad de aprender un idioma diferente al suyo desde edades tempranas, ventaja que se pierde con la edad. Al respecto, el exdirector del IF de la UNAM, Dr. Yacamán va más lejos y apunta: "Aun cuando hay muchas excepciones, el estudiante se queda corto en las habilidades fundamentales requeridas en el mercado laboral moderno. El conocimiento técnico no se complementa con habilidades como escribir, la capacidad de comunicación y el dominio de un segundo idioma. Ahora, debe tener como misión fundamental formar estudiantes de alto nivel que logren insertarse con éxito al mercado laboral. Una buena proporción [de los estudiantes de la universidad pública mexicana] provienen de los sectores sociales menos favorecidos. Formarlos adecuadamente requiere un mayor y más coordinado esfuerzo y un mejor diseño curricular".
- Fomentar la autonomía financiera de las universidades. En estos días de inestabilidad social en los que se habla de autonomía en las universidades y en los institutos politécnicos mexicanos, conviene reconsiderar el término y llevarlo a un estatus más maduro del que se maneja actualmente. Autonomía es uno de los principios que rigen a la universidad pública mexicana, y que emana de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Pero también hay que hacer valer la autonomía financiera, como lo citan Oropeza y Oppenheimer cuando se refieren al autofinanciamiento de las universidades. El problema radica en que la universidad, el instituto tecnológico o politécnico mexicanos no son autónomos financieramente. Esta situación causa que se dependa totalmente de los recursos que propone el Ejecutivo y que aprueba el Legislativo. La falta de recursos económicos autogenerados implica un atraso científico y tecnológico alarmante, llevando a un desempleo masivo de científicos de alto nivel, lo que termina motivando la fuga de cerebros (atenuada ahora por la "circulación" de los mismos), agravando la situación. Una prueba de que el conocimiento genera riqueza es el ejemplo de la universidad estadounidense. En 2001 la Universidad de Harvard generó poco menos de $18,000 millones de USD

sólo por contratos de investigación (aunque es verdad que muchos de esos contratos son con la milicia). En ese mismo año entre todas las universidades e instituciones de educación superior mexicanas no se generaron ni $500 millones de USD, es decir, una cantidad 36 veces inferior que la generada por una sola universidad estadounidense. Otra prueba de cómo el crecimiento económico está ligado directamente con el buen desempeño escolar, hay que observar los resultados del estudio realizado por Zagler y Zanzottera publicado en el Journal of Monetary Economics. Este ejercicio buscó las relaciones que se establecen entre estas dos variables y encontró que si se aumentara 10% del puntaje sólo del 5% de los alumnos con mayores niveles de logro en matemáticas en la prueba PISA (prueba trianual internacional que busca evaluar los sistemas educativos alrededor del mundo al evaluar las competencias y conocimientos de estudiantes de 15 años), se aumentaría 1.35 % del PIB de un país luego de una generación (Maldonado, 2015).

Al hablar de independencia, o de autonomía no basta citar el 3° constitucional, fracción VII, es necesario considerar todos sus matices: autonomía política democrática, autonomía administrativa democrática (la que permitiría dejar la dependencia con la SHCP para todos, y de la SEP para la mayoría en cuanto a los recursos, los autogenerados, los presupuestos, los programas de becas, los programas de contratación, etc.), y la autonomía educativa nacionalista, como lo cita Celestino (2014). Esta es también una forma de innovar.

- Corregir el camino. México, por el contrario, está invirtiendo en otros rubros que no habían sido prioritarios hasta antes de la guerra civil iniciada durante el sexenio Calderonista (2006 – 2012) y continuada por el actual gobierno Peñista contra el narcotráfico local, como lo es en armamento. Así, en 2014 México es el primer país latinoamericano comprador de armas a Estados Unidos por un monto de $1,441 millones de USD. Este monto equivale, en otros términos, a becar por cuatro años a poco menos de 25,000 estudiantes de doctorado en Europa, considerando el tabulador al 2015 del CONACyT de 1,100 euros por mes hasta por cuatro años con inscripción y seguridad social anual incluidas. En 2015 también, se hizo pública la intención del gobierno federal de comprar al consorcio Airbus Helicopters 50 helicópteros Super Puma (Barraza, 2015). Dicha inversión equivaldría a la ingente cantidad de 2,000 millones de euros, o en los mismos términos, a poco menos de 38,000 estudiantes de doctorado becados bajo las mismas condiciones. Retomando las palabras del Dr. Franco López: "vamos por el mal camino" (Cárdenas, 2012). Incluso la misma SEDENA reconoce el problema nacional de dependencia tecnológica: "El no contar con una infraestructura aeronáutica nacional para la fabricación de aeronaves y sus componentes da como resultado la dependencia tecnológica de otros países para los procesos de adquisición, modernización, reparación del material aéreo, radares y sistemas de navegación" (Gómora, 2015). Lamentablemente esta suma exorbitante de recursos públicos no se invertirá en la universidad, el instituto tecnológico o el politécnico mexicano. Pero México sí es un país de necesidades. Hay necesidad en el campo, en el mar, en la industria, en la ciudad. Lo que hay que hacer es dejar de medirnos con la vara con la que nos miden los de afuera. Tal como pronunciaba García Márquez en su discurso La soledad de América Latina: "la interpretación de nuestra realidad con esquemas ajenos sólo contribuye a hacernos cada vez más desconocidos, cada vez menos libres, cada vez más solitarios…"

7. Análisis

Se pretende que este análisis sirva de referencia para elaborar una propuesta íntegra en la que se incluyan soluciones de acuerdo a las áreas de oportunidad identificadas.

1. Hay métodos que han probado su eficacia en lo que respecta al desarrollo de tecnología. Aquí se han mencionado sobretodo la TRIZ y la Ingeniería Inversa. Sin embargo, métodos de diseño hay muchos, y es necesario conocer sus capacidades y límites, así como saberlos aplicar.
2. El adecuado uso y manejo de los métodos de diseño a lo largo del desarrollo de un sistema tecnológico pudiera hacer la diferencia entre la situación actual de dependencia, y la (¿deseada?) autosuficiencia industrial.
3. El desarrollo tecnológico en México sigue centralizado en ciertas áreas geográficas, ligadas principalmente a la franja fronteriza del norte, a la industria de manufactura automotriz en el centro, y más recientemente a la de manufactura aeronáutica.
4. En los círculos científicos se favorece la producción científica de manera desproporcionada con respecto al desarrollo de sistemas tecnológicos comercialmente explotables.
5. En México se favorece la compra e importación de sistemas tecnológicos sobre su desarrollo.
6. Se requiere seguir fomentando una cultura general de vinculación academia–industria. ¿Cómo? Respuestas hay varias. Aquí expongo una. Un directivo industrial, un inversionista, o un político, son personas que no necesariamente conocen lo que un científico, o un tecnólogo son capaces de hacer y con lo que su trabajo pueden redituar. Se requiere entonces divulgar la ciencia. En esta intervención no se considera el rol del financiamiento de la ciencia por parte de los tres potenciales actores: gobierno, industria privada, y universidad. Sin embargo, con lo aquí expuesto es posible atacar la falta de apoyo en forma de financiamiento a la ciencia, y de vinculación academia–industria con un elemento hasta ahora muy poco valorizado: la divulgación científica.

Conclusiones

La clave para fomentar el desarrollo tecnológico está en una educación de calidad en todos los niveles, y en la divulgación de la ciencia. Considerando el desarrollo de sistemas técnicos, se requiere formar a los desarrolladores de productos en los métodos que ya han probado su efectividad. Por otro lado, no se trata de capacidades individuales, de "momentos Eureka", o de manzanas que caen aportando lucidez. Se trata de explotar las herramientas metodológicas ya existentes. Esta situación está condicionada a un mejor diseño del currículo de las licenciaturas y posgrados relacionados con el desarrollo de sistemas técnicos.

La emergencia nacional que vive el país actualmente no solamente pone en riesgo las metas planteadas en el ámbito de la C+T+I, sino en todas las esferas de la vida nacional, incluyendo la paz, la estabilidad, y el estado de derecho. A través de las ideas expuestas a lo largo de este análisis se muestra a un México rezagado con respecto a sus pares. Sin embargo, el problema está identificado y el debate se está dando. Basta defender y concretar las propuestas planteadas por los académicos mexicanos, continuar informando y educando a los tomadores de decisiones, los que muchas veces ignoran que ignoran. Les toca a los académicos hacerles ver lo que ignoran. Finalmente, alguien tiene que tomar la batuta. Si no es el investigador, el profesor universitario, el académico o el estudiante, ¿entonces quién?

Agradecimientos

Vargas agradece profundamente los intercambios a lo largo de ya varios años con el Dr. Ismeli Alfonso, en algunos casos de manera personal en los congresos organizados por la SMM y últimamente a través del impersonal correo electrónico. Agradezco al maestro Sergio A. Villanueva por el tiempo, la dedicación, el rigor y la atención que tuvo para participar en este análisis. Así mismo hago una especial mención al maestro Rafael Oropeza, a quien no tuve el gusto de conocer personalmente, pero a quien agradezco su paciencia, sus comentarios y hago un reconocimiento a su legado. Hago patente mi agradecimiento a los seis revisores anónimos por sus sugerencias y comentarios.

Referencias

Altshuller, G. 1994. And suddenly the inventor appeared, TRIZ the Theory of Inventive Problem Solving. Technical Innovation Center Inc., USA.

Arango Lopera, C. [ca. 2008]. El idiota funcional. <blogdebabel.wordpress.com> Fecha de consulta: 17/10/2014.

Barraza, E. (2015). Se atora en Francia compra de helicópteros para militares mexicanos. En Proceso. Fecha de publicación: 15/07/2015.

Bonsiepe, G. (1978). Diseño industrial, tecnología y dependencia, Edicol, México.

Bontems, V.K. (2014). What does Innovation stand for? Review of a watchword in research policies. Journal of Innovation Economics & Management 2014/3 p. 39 – 47.

Bonton, P. (2014). Peut-être ben que! 11ème Colloque sur l'Enseignement des Technologies et des Sciences de l'Information et des Systèmes. Del 27 al 29 octubre 2014, Besançon, Francia.

Bogdanov, A.A. (1989). Tektologia: Universal Organizational Science. Book 1.

Bretón Mora, F.G., Sánchez Juárez, I.L. (2011). La industria automotriz y el fomento a las cadenas productivas en Sonora: el caso de la Ford en Hermosillo. Economía, Sociedad y Territorio, Vol. XI, Núm. 35, 161–195

Cabot, E. (2003). Lo necesario para salir de la crisis. En Diario Enfoque.

Cárdenas, G.G. (2012). Científicos: urgen incentivos a IP para desarrollar patentes. En El Universal. Fecha de publicación: 27/08/2012.

Celestino, E. (2014). El desafío de la autonomía democrática para el IPN del siglo XXI. En La Jornada. Fecha de publicación: 14/10/2014.

Coronado Maldonado, M. Oropeza Monterrubio, R., Rico Arzate, E. (2005). TRIZ, la metodología más moderna para inventar o innovar tecnológicamente. Panorama Editorial, México.

Dorantes Cuauhtle, L.T. (2007). TRIZ: una herramienta poderosa para las empresas mexicanas en los ámbitos productivo y administrativo. Tesis de maestría, Ing. de Sistemas. FI, UNAM.

El Economista (2013). México invierte poco en investigación y desarrollo. Fecha de publicación: 23/10/2013.

El Economista (2013). Nace la Coordinación de Ciencia, Tecnología e Innovación. Fecha de publicación: 04/04/2013.

Flores, J. (2015). Pese a la situación económica deben mantenerse los proyectos en ciencia. En La Jornada. Fecha de publicación: 21/07/2015.

Flores (2012). Los candidatos y la ciencia. En La Jornada. Fecha de publicación: 27/03/2012.

Gómora, D. (2015). México lidera compra de equipo militar a EU. En El Universal. Fecha de publicación: 17/03/2015.

González Salinas, S. (2009). Aplicación de TRIZ para el diseño de una silla de ruedas geriátrica. Tesis de licenciatura. FI, UNAM.

Hernández Bautista, N., Valentín de Jesús, J. (2005). Aplicación del método TRIZ en un problema de Ingeniería Civil. Tesis de licenciatura. FI, UNAM.

Ísmodes, E. (2006). Países sin futuro: ¿qué puede hacer la universidad? Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Joya Cruz, M. (2009). Diseño de un exoesqueleto que auxilie en la marcha a personas con debilidad muscular, apoyados de la teoría de diseño TRIZ. Tesis de licenciatura. FI, UNAM.

Klein, E. (2015). De quoi l'innovation est-elle le nom ? La conversation Scientifique par Etienne Klein. Entrevista con Vincent Bomtems, filósofo. France Culture. Fecha de emisión: 03/10/2015.

López Villafañe, V. (2004). La industrialización de la frontera norte de México y los modelos asiáticos. Comercio Exterior 54 (8):674–680.

Maldonado, M. (2015). La costosa crisis del talento en México. En El Universal. Fecha de publicación: 26/08/2015.

Manual de Oslo (2005). Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación. Tercera edición, OCDE y Eurostat.

Márquez Padilla, C. (2010). ¿Por qué Facebook no se inventó en México? En El Universal. Fecha de publicación: 08 de julio, 2010. Fecha de consulta: 26/11/2014.

Martínez, N. (2013). Escasa oferta de trabajo para sobrecalificados. En El Universal. Fecha de publicación: 19/03/2013.

Martínez, N. (2013). No hay lugar para él pese a su posgrado. En El Universal. Fecha de publicación: 19/03/2013.

Mendoza Bravo, O. (2010). Rediseño de una máquina selladora de microplacas aplicando el método TRIZ. Tesis de licenciatura. FI, UNAM.

Mireles Avelino, R. (2008). Aplicación del método TRIZ para problemas de ingeniería mecánica en el cultivo aeropónico. Tesis de licenciatura. FI, UNAM.

Nonat, P. (2005). La stratégie de Lisbonne en quelques mots. Centre d'Études Économiques et Sociales du Groupe ALPHA.

Olivares Alonso, E. México, de los países que menos invierten en ciencia y tecnología. En La Jornada. Fecha de publicación: 03/02/2016.

Oppenheimer, A. (2014). ¡Crear o morir! La esperanza de Latinoamérica y las cinco claves de la innovación. Editorial Debate.

Oropeza Monterrubio, R. (2009). Reto 14: ¿Cómo se pueden acelerar los avances científicos y tecnológicos para mejorar la condición humana?

Ramos Watanave, J. (1996). Diseño de un soporte para sostener techos de minas de carbón con capacidad de 25 toneladas. Tesis de maestría. SEPI, ESIME Zacatenco, IPN.

Ramos Watanave, J. (2000). Curso de diseño mecánico. Volumen 2. SEPI, ESIME Zacatenco, IPN.

Rodríguez, R. (2014). De La Fuente destaca proyectos que vinculan ciencia y sociedad. En El Universal. Fecha de publicación: 26/11/2014.

Rojas Huerta, A.L. (2006). Innovación y creatividad: metodología TRIZ. Tesis de maestría. FI, UNAM.

Rubio, A. (2016). Así inició la era maquiladora. En El Diario. Fecha de publicación: 03/10/2016.

Santamaría Hernández, E., Castro del Ángel, C.A. (2016). Panorama de la propiedad intelectual en México: otra perspectiva. Centro de Análisis para la Investigación en Innovación.

Sarmiento Vargas, I. et al. (2017). El patentamiento en México y su impacto en el desarrollo económico. Sitio web de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Fecha de consulta: 30/06/2017.

Schumpeter, J.A. (1934). The theory of economic development. Harvard University Press.

Shpakovsky (2003). Man and technical system I. Generator (blog) <www.gnrtr.com>. Fecha de consulta: 21/03/2015.

UNAM (2012). Hacia una agenda nacional en Ciencia, Tecnología e Innovación; objetivo estratégico para una política de estado 2012–2018. México.

Universia (2008). Urge fortalecer la capacidad tecnológica del STCM para evitar dependencia con Francia. <http://noticias.universia.net.mx> Fecha de publicación: 16/07/2008.

US Patent and Trademark Office - Patent Technology Monitoring Team (2013). Patent counts by origin and type calendar year 2013. <https://www.uspto.gov/web/offices/ac/ido/ oeip/taf/st_co_13.htm> Fecha de consulta: 17/10/2016.

US Patent and Trademark Office - Patent Technology Monitoring Team (2015). Patent counts by country, state, and year - all patent types (december 2015). < https://www.uspto. gov/web/offices/ac/ido/oeip/taf/cst_all.htm> Fecha de consulta: 17/10/2016.

Vargas Alcaraz, E. (2011). Diseño conceptual de prótesis para disco intervertebral lumbar, basado en TRIZ. Tesis de maestría. FI, UNAM.

Vargas Rojas, E., Pichardo Paz, C., Sauce Rangel, V. (2014). Redesign of a bearing extractor tool for an aircraft engine using reverse engineering and TRIZ. TRIZ Future Conference. Lausanne, Suiza, del 29 al 31 de octubre, 2014.

Vazquez Maggio, L. (2017). Revisión del modelo de sustitución de importaciones: vigencia y algunas reconsideraciones. Economía Informa No. 404 mayo-junio.

Vidales Calderón, P. (2013). Capítulo 4 Importancia de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. Un México de emprendedores, XLI Convención Nacional.

Villanueva Pruneda, S.A. (1996). Metodología para la extracción de tecnología. Tesis de maestría, ESIME Zacatenco, IPN.

Yacamán, M.J. (2015). UNAM: cambio de rector y ¿cambio de rumbo? En La Jornada. Fecha de publicación: 08/10/2015.

Apéndice A. Siglas

ADIAT Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico

AMC Academia Mexicana de Ciencias

AMETRIZ Asociación Mexicana de TRIZ

BUAP Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

CCTI Coordinación de Ciencia, Tecnología e Innovación de la Oficina de la Presidencia

CGICDTI Consejo General de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación

CONACyT Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

C+T+I Ciencia, Tecnología e Innovación

DFMA Design for Manufacturing and Assembly (Diseño para Manufactura y Ensamble)

DLE Diccionario de la Lengua Española

ENSAM École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (Escuela Nacional Superior de Artes y Oficios)

ESCB Escuela Superior de Ciencias Biológicas

ESIME Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica

ESIQIE Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas

EUA Estados Unidos de América

FCCyT Foro Consultivo Científico y Tecnológico

FI Facultad de Ingeniería

GATT General Agreement on Tariffs and Trade (Sistema General de Aranceles y Comercio)

GGI Global Innovation Index (Índice de Innovación Global)

IDT Ingeniería y Desarrollo Tecnológico

IF Instituto de Física

I+D Investigación y desarrollo

IIM Instituto de Investigaciones en Materiales

IMPI Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial

IPN Instituto Politécnico Nacional

ISI Information Sciences Institute (Instituto de Ciencias de la Información)

ITE Instituto Tecnológico de Ensenada

ITESM Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey

ITO Instituto Tecnológico de Orizaba

ITP Instituto Tecnológico de Puebla

MSI Modelo de Sustitución de Importaciones

OCDE Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos

OMPI Organización Mundial de la Propiedad Intelectual

ONU Organización de las Naciones Unidas

PIF Programa de Industrialización de la Frontera

PISA Program for International Student Assessment (Programa internacional para la evaluación de estudiantes)

PND Plan Nacional de Desarrollo

PPP Purchasing Power Parity (Poder de Paridad Adquisitivo o PPA)

QFD Quality Functions Deployment (Despliegue de las Funciones de Calidad)

RAE Real Academia Española

RICYT Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericana e

	Interamericana
SE	Secretaría de Economía
SEDENA	Secretaría de la Defensa Nacional
SEP	Secretaría de Educación Pública
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
SIR	Sistemas de Innovación Regional
SMM	Sociedad Mexicana de Materiales
STCM	Sistema de Transporte Colectivo Metro
TRIZ	Teoría para la resolución de problemas relacionados con la inventiva
UAM	Universidad Autónoma Metropolitana
UE	Unión Europea
UDG	Universidad de Guadalajara
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura)
URSS	Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas
USD	United States Dollars (dólares estadounidenses).