

número **02**

COLECCIÓN
DE CUADERNOS
DE INVESTIGACIÓN DEL IPPG

Raúl Rojas González
Inventando el Futuro
La arquitectura de la investigación científica



CUCEA
El mejor lugar para el talento

**Inventando el futuro.
La arquitectura de la investigación científica**



CUCEA

El mejor lugar para el talento

iipppg

Instituto de Investigación
en Políticas Públicas
y Gobierno

Inventando el futuro. La arquitectura de la investigación

Raúl Rojas González*



* Raúl Rojas González estudió en el IPN y en la UNAM, ha sido profesor titular o invitado en 13 universidades, es profesor emérito de la Universidad Libre de Berlín..

Las ilustraciones de la portada y al inicio de cada capítulo fueron generadas por el programa de Inteligencia Artificial DALL-E.

La colección de Cuadernos de Investigación del Instituto de Investigación en Políticas Públicas y Gobierno es un medio para difundir avances de trabajos de la agenda del Instituto. La idea es permitir a los autores recibir comentarios antes de su publicación en algún medio científico editorial.

Instituto de Investigación en Políticas Públicas y Gobierno
Edificio B 202, Periférico Norte No. 799,
Núcleo Universitario Los Belenes, C.P. 45100,
Zapopan, Jalisco, México.
33 3770 3412 y 33 3770 3300 ext. 25812
<https://iippg.cucea.udg.mx>

Contenido

1. Introducción.....	9
2. El déficit de científicos en México	15
3. Pilares de la investigación científica	19
4. Pacto federal y estructura tributaria.....	23
5. El mejor programa social es la educación.....	27
6. Los libros de texto gratuitos en México: una oportunidad	33
7. La educación dual.....	37
8. Los Centros de Investigación en México.....	41
9. Innovación e investigación industrial.....	45
10. El papel de las Academias de Ciencias	51
11. Arquitectura de la ciencia en Alemania.....	55
12. Corea del Sur y la cultura de innovación.....	63
13. Ciencia ciudadana.....	67
14. Conclusiones	71

Índice de ilustraciones de DALL-E y su descripción

- Portada: “A mural about architecture of scientific research in Diego Rivera style”
- Introducción: “A mural about architecture of scientific research in style von Picasso”
- Capítulo 2: “A laboratory full of equipment but without people and white coats in chairs digital style”
- Capítulo 3: “A Greek temple with exactly three columns in front, supporting a frontispiece, in classic style”
- Capítulo 4: “Handshake in the foreground Mexican flag in the background digital style”
- Capítulo 5: “Painting of children learning in school Vermeer style”
- Capítulo 6: “Child reading a book seating on a school chair, seen from behind him, in digital style”
- Capítulo 7: “Painting of an apprentice and a master in a medieval blacksmith workshop in Rembrandt style”
- Capítulo 8: “Research center of the future digital art”
- Capítulo 9: “Machinery and gears Kandinsky style”
- Capítulo 10: “Painting of professor giving a talk in an auditorium in the style of van Gogh”
- Capítulo 11: “Painting of map of Germany in the background with laboratory equipment in front, Matisse style”
- Capítulo 12: “South korean flag in the background knowledge economy in the foreground, digital style”
- Capítulo 13: “Citizens doing science on the street in Matisse style”
- Conclusiones: “A painting showing someone making a road by walking on water, in impressionism style”

1. Introducción



México es la economía número quince en el mundo, de acuerdo con su Producto Interno Bruto (PIB). Es el décimo país por el tamaño de su población, habiendo rebasado a Japón hace pocos años. México es el tercer país por el número de aeropuertos que tenemos (aunque la mayor parte de ellos son muy pequeños) y es además el quinto exportador de autos en el mundo. La regla empírica que siempre utilizo para saber si México está ocupando el lugar que le corresponde en algún tema, es mirar si se encuentra entre los primeros quince lugares a nivel mundial.

De acuerdo con esa receta empírica, tenemos aún muchos problemas que resolver si consideramos nuestro desempeño en cuanto a educación y ciencia, que es un reflejo de todos los rezagos que arrastramos respecto a desigualdad social y subdesarrollo.

En cuanto al número de científicos por cada mil empleados, México es el penúltimo lugar entre los 38 miembros de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). Somos el país número 46 respecto a los años promedio de escolaridad de la población. En el ranking mundial de los exámenes PISA (Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes) ocupamos el lugar 56. En los resultados de matemáticas ocupamos el lugar 61. México es el penúltimo lugar entre los países de la OCDE

considerando el porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB) que se dedica al fomento público de la ciencia e innovación. Además, como es bien conocido, ese porcentaje ha estado descendiendo desde 2010.

De acuerdo con los datos de la OCDE, mostrados en la Figura 1, el porcentaje del PIB que México dedica a la investigación descendió, de un máximo de 0.5% en 2010, a 0.3% en 2020. A pesar del ligero incremento en 2014, es obvio de la Gráfica que la investigación científica no ha representado un componente estratégico para el desarrollo mexicano. Desde 2010 no se ha actuado con urgencia para invertir más en ciencia y tecnología, como han hecho otros países, más preocupados por su papel en la economía mundial y por las necesidades que impone la competencia internacional. Para no comparar con Corea del Sur, que invierte 4.8% de su PIB en ciencia, podemos comparar con España, que invierte 1.4% de su PIB, o sea, un factor 4.6 veces mayor que el porcentaje de México.

FIGURA 1. GASTO EN CIENCIA Y DESARROLLO COMO PORCENTAJE DEL PIB EN MÉXICO (2006-2020)



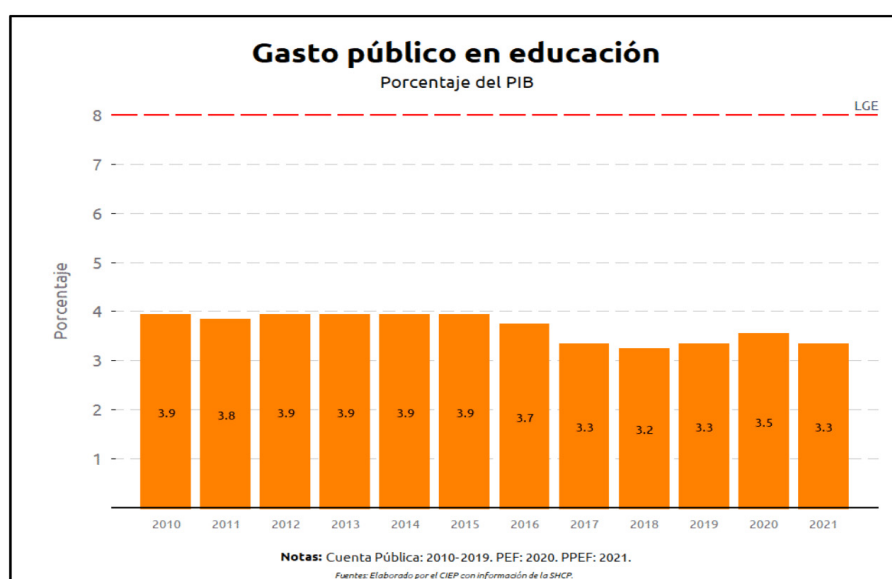
Como argumento más adelante, en el capítulo 3, los tres pilares de la investigación científica son la educación, los centros públicos y además los centros privados de investigación. Los dos últimos pilares son débiles en México. Los presupuestos de operación de la mayoría de los centros públicos de investigación no crecen. Los fideicomisos

que estaban reservados para gasto en ciencia fueron absorbidos por la Secretaría de Hacienda.

Para salir de la pobreza el mejor programa social es la educación. Así lo demuestra el ejemplo de los países asiáticos que nos rebasaron en todos los indicadores sociales apenas en los últimos 30 años. En el Índice de Desarrollo Humano de las Naciones Unidas, México ocupa el lugar 86, abajo de Malasia, Irán y hasta China, que partió de muy abajo en los años setenta. México es el último país entre los miembros de la OCDE en cuanto al monto de lo gastado anualmente en educación primaria y hasta la preparatoria, por estudiante. Nuestro gasto por alumno es la mitad del de Chile y más de tres veces menor al de España. Estos países saben que la educación de los niños es fundamental para lograr un mayor desarrollo, mayor igualdad y posibilitar que los sectores marginados salgan de la pobreza. Sin embargo, como en el caso de la ciencia, podemos constatar que el gasto en educación, como porcentaje del PIB, ha ido disminuyendo en México desde 2015 (Figura 2). Recordemos que la Ley General de Educación vigente establece lo siguiente: “Artículo 119 (...) El monto anual en términos de la ley que el Estado destine al financiamiento en educación pública y en los servicios educativos garantizando la accesibilidad y la gratuidad en la educación, no podrá ser menor al equivalente del 8% del producto interno bruto del país”. Esa sería la aspiración, pero la realidad es que se gasta menos de la mitad de aquel porcentaje que debería ser el mínimo.

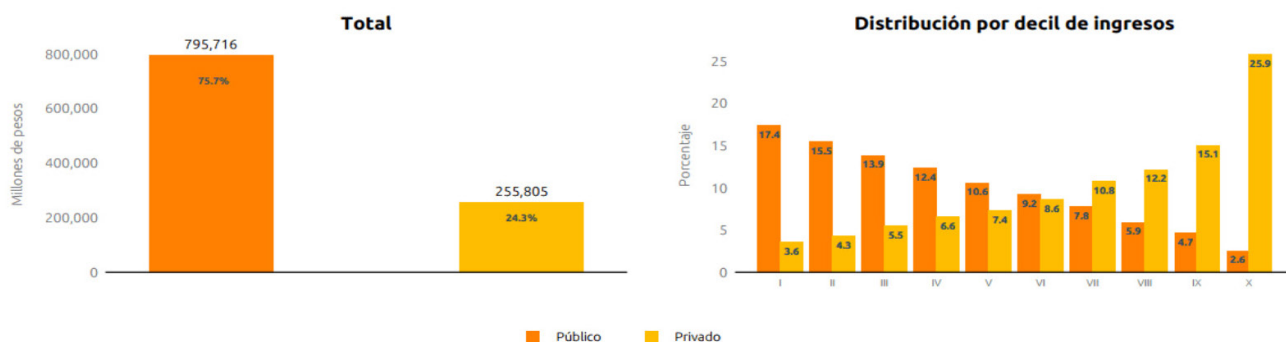
FIGURA 2. GASTO PÚBLICO EN EDUCACIÓN COMO PORCENTAJE DEL PIB EN MÉXICO (2010-2021).

LA LEY GENERAL DE EDUCACIÓN FIJA EL MÍNIMO NECESARIO EN 8%



El fenómeno del deterioro de la educación en México ha provocado, es la huida de las clases medias y de altos ingresos hacia la educación privada. Los padres que pueden costear una escuela o universidad privada, lo hacen de inmediato, sabiendo que una buena educación les dará más oportunidades a sus hijos. Tenemos así una disociación de la ciudadanía en dos Méxicos, el de aquellos que recurren a la educación pública y aquellos que pagan la educación privada. La Figura 3 muestra que una cuarta parte del gasto en educación en México es gasto privado y, además, que para los mayores deciles de ingreso el gasto privado supera al gasto público. El cruce de las dos curvas se da precisamente en los deciles de ingreso de las clases medias.

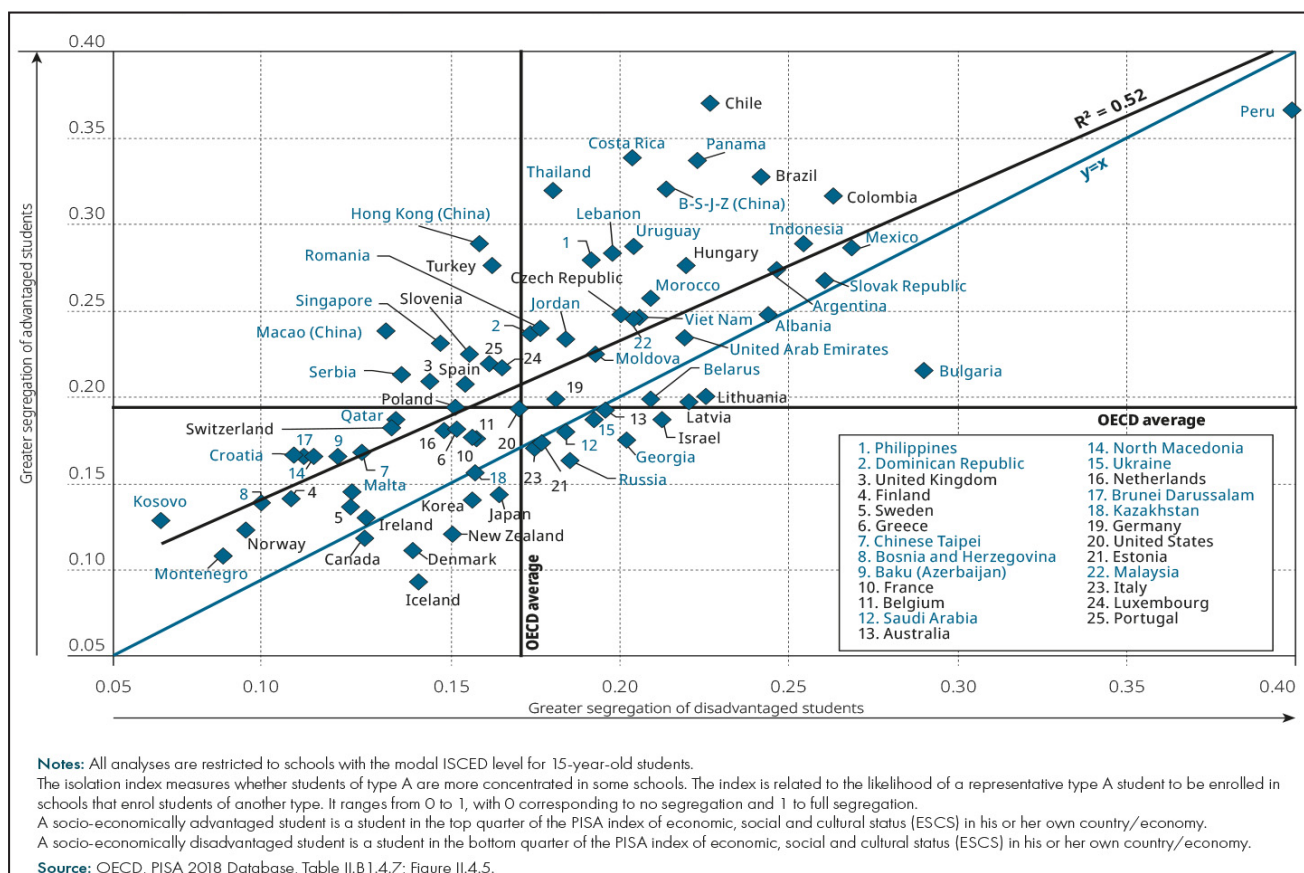
FIGURA 3. GASTO PÚBLICO Y PRIVADO EN EDUCACIÓN EN MÉXICO Y DE ACUERDO AL INGRESO



En términos del índice de desarrollo humano es entonces claro que el resultado no puede ser sino una polarización creciente de la sociedad. Las capas sociales de altos ingresos invierten hasta siete veces más que el promedio nacional en la educación de sus hijos y hasta treinta veces más que los sectores más desfavorecidos.

Es necesario considerar todo esto, porque un país no puede tener un sector científico potente si en la base la educación que se le brinda a los niños es tan deficiente e injusta. Reparar al sector de la ciencia en México pasa por reparar a la educación mexicana. Subsanan la gran desigualdad que impera en México implica brindarles una mejor educación a los niños y jóvenes. Así lo menciona el análisis de los resultados de la prueba PISA: “Sin la educación apropiada, la gente permanecerá atrapada en los márgenes de la sociedad, los países no podrán beneficiarse de los avances tecnológicos y éstos no se transformarán en progreso social. No será posible desarrollar políticas equitativas, incluyentes y participativas, si la falta de educación impide que la población participe de manera integral en la sociedad”.

FIGURA 4. LA DESIGUALDAD EDUCATIVA EN MÉXICO Y OTROS PAÍSES



La Figura 4 muestra algo muy preocupante en ese respecto. Cada país ocupa un lugar en la gráfica de acuerdo a la ubicación de estudiantes con desventaja (malas calificaciones) y estudiantes aventajados. El eje horizontal muestra que en México el 27% de los estudiantes con deficiencias son alumnos de escuelas no tan buenas (medido por el promedio en los exámenes de sus alumnos). El 29% de los buenos estudiantes están en buenas escuelas. Mientras más desigual es la educación más hacia la derecha y sobre la diagonal encontramos al país. Perú es el caso extremo de desigualdad educativa, pero después de Perú tenemos a México y a Colombia. Es ésta una forma de “apartheid educativo” que lastima más a la población de menores recursos, mientras que alumnos de escuelas privadas pueden gozar de mejor educación. En el otro extremo tenemos a Noruega, ahí los malos y buenos estudiantes se distribuyen casi aleatoriamente entre las diversas escuelas, que ofrecen una calidad educativa homogénea. Salir de la pobreza requiere de buena educación y ahí es donde el sistema educativo mexicano le está fallando a los sectores de menores ingresos.

En los capítulos que siguen analizo los indicadores que muestran que México tiene que esforzarse para levantar su nivel de ciencia al que podríamos esperar, dada su potencia económica. En el capítulo tres hablo de los pilares de la ciencia. En el cuatro tematizo uno de los problemas más espinosos, el del origen de los recursos y la necesaria transformación futura del sistema tributario. De ahí retomo diversos aspectos relativos a la educación para pasar a considerar cómo organizar y reorganizar a los centros públicos y privados de investigación en México. Trato el papel de las academias antes de concluir describiendo lo que yo considero son casos de éxito respecto a la “arquitectura de la investigación”, es decir, el entramado de instituciones e inversiones que le han permitido a algunos países tener y mantener las economías más desarrolladas del mundo.

Ese es quizás el mensaje de este ensayo: así como construir edificios requiere planear y evaluar la arquitectura de sus planos, así en la investigación científica es imprescindible una arquitectura o plan maestro que sirva para acelerar el paso y obtener los mejores resultados.

2. El déficit de científicos en México



México es parte de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) y debe proporcionar anualmente toda una serie de estadísticas económicas y sociales a la organización. Con base en esos datos podemos comparar el estado de la ciencia en México y en otros países. El ejercicio no es en vano, nos deja ver lo mucho que tenemos que avanzar en México.

Hay diferentes maneras de medir la potencia científica de un país. Una de ellas es comparar el número de científicos activos en cada nación. Según los datos de la OCDE, por cada mil personas empleadas en México, 1.24 personas son investigadores. El promedio para los países de la OCDE es 9.11, para el mismo indicador. Los campeones en ese rubro son Corea del Sur, Finlandia y Noruega, con más de 16 investigadores por cada mil personas empleadas.

El caso de Corea del Sur es para mí el más relevante. Hace treinta años tenían 5 científicos por cada mil empleados. En 1995, Corea del Sur tenía 7.5 veces más científicos, como porcentaje del empleo total, que México. Ahora Corea tiene 13.4 veces más, es decir que la ventaja de ese país con respecto a México casi se duplicó en 30 años. Podemos decir que a partir del nuevo milenio los coreanos se pusieron las pilas

y son ahora uno de los países que más exportan, sobre todo productos de alta tecnología. También España, un país más cercano a nosotros, ha hecho grandes esfuerzos para aumentar el número de sus investigadores. Hoy tienen 7.44 investigadores por cada mil empleados.

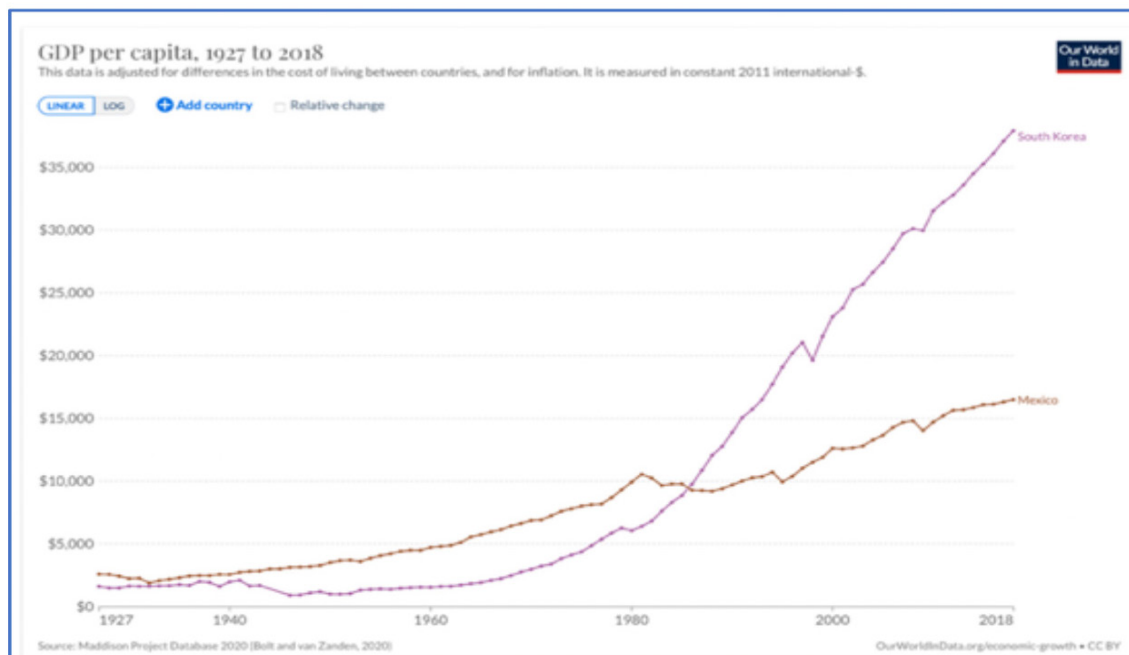
Otra manera de medir la importancia de la ciencia en un país es observando que porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB) se invierte en ciencia y tecnología. Y digo “invierte”, porque ese dinero se multiplica más adelante en la medida en que la planta productiva se transforma, al ser potenciada por la investigación científica.

México invierte solo 0.297% del PIB en investigación y desarrollo, de acuerdo a los datos de la OCDE. El máximo histórico se dio en 2015, cuando ese porcentaje fue de 0.495. Desde entonces ha venido bajando continuamente, hasta alcanzar el porcentaje que hoy tenemos. Corea del Sur, por el contrario, ha aumentado incesablemente ese indicador, desde hace treinta años, y hoy invierte el 4.8% de su PIB en investigación y desarrollo, es decir, dieciséis veces más que México. Alemania lleva 30 años incrementando ese indicador y España también, con un bache después de la crisis financiera de 2009, del que ya se recuperaron.

La diferencia básica entre México y Corea del Sur es que los coreanos han entendido que en las condiciones de la Tercera (algunos dicen Cuarta) Revolución Industrial que estamos atravesando, la riqueza de las naciones no será medida por sus reservas minerales o de hidrocarburos, sino por la forma en que los diferentes países se puedan integrar a la nueva economía digital. Recuerdo que en 2015 fui invitado a dar una conferencia en Seúl y mis anfitriones fueron muy claros: Corea del Sur tenía que intensificar sus esfuerzos para no quedarse atrás en el mercado mundial. Temían que otros países pudieran sustituir las exportaciones coreanas, como le sucedió a Finlandia cuando la empresa local Nokia, que dominaba las ventas de teléfonos celulares, prácticamente desapareció cuando entraron al mercado los llamados *smart phones*.

La ley de Ciencia y Tecnología vigente aún estipula que México debe invertir por lo menos el 1% de su PIB en investigación y desarrollo, pero el proyecto de nueva ley que se envió en 2022 a las Cámaras desaparece esa aspiración al estipular solamente que el Estado “proveerá de recursos y estímulos suficientes, oportunos y adecuados (...) la asignación de recursos públicos estará sujeta a suficiencia presupuestaria y al principio de austeridad republicana”. De hecho, el presupuesto proyectado para CONACYT en 2023 representa, en términos reales, al descontar inflación, el 77% del presupuesto que tenía hace cuatro años. Y si comparamos con 2015, el presupuesto de CONACYT para 2023 es solo 46% del que se tuvo entonces, el máximo histórico.

FIGURA 5. EL CRECIMIENTO DEL PIB PER CÁPITA DE COREA DEL SUR Y MÉXICO



¿Cuántos científicos hay en México? El Sistema Nacional de Investigadores (SNI) tiene 36,714 integrantes. Según algunas estadísticas, el número de profesores universitarios en México es de alrededor de 360,000. De acuerdo al Banco Mundial, México tiene unos 349 investigadores por millón de habitantes, lo que se traduciría en solo 45,000 investigadores en total. El número de investigadores en la industria privada seguramente que no se captura por ninguna agencia estadística, así que dadas estas cifras habría que decir que el número exacto de personas que en México se dedican a la ciencia es algo harto nebuloso.

En Alemania, donde tienen muy buen control estadístico, el número de investigadores es de 600,000. Allá, la industria participa con 69% de la inversión en investigación. Eso va aunado a un nivel muy alto de educación: el 2% de la población tiene un doctorado, un porcentaje similar al de Estados Unidos. Según la OCDE, el porcentaje de personas con doctorado en México es de 0.1%, o sea veinte veces inferior al de Estados Unidos y Alemania.

En el caso de la investigación industrial es donde el abismo entre los países más dinámicos y México es más evidente. Si comparamos el número de solicitudes de patentes en 2020, resulta que en Estados Unidos se solicitan 236, en Corea del Sur 123 y en China 686 veces más patentes que en México. Es una desproporción descomunal. Incluso en Brasil se solicitan anualmente 3.5 veces más patentes que en México.

¿Por qué insisto tanto en el caso de Corea del Sur en esta comparación de cifras? Pues porque todavía en 1990 Corea del Sur era un país similar a México. Tenía solo 85% del producto interno bruto (PIB) per cápita de México en esa época. Pero en 2020 ya Corea del Sur tenía 2.3 veces más PIB per cápita que México. En solo treinta años Corea del Sur abandonó las filas de los países subdesarrollados y es ahora una de las economías más dinámicas en el mundo. Algo hicieron bien los coreanos en el espacio de poco más de una generación: apostaron por el desarrollo tecnológico, la economía orientada a la exportación y el fomento de la ciencia, mientras que México dilapidaba recursos naturales y nunca realmente valoró a sus científicos como un recurso estratégico. Por eso el PIB per cápita de Corea del Sur creció 235% en esos treinta años, el de China se multiplicó diez veces, mientras que en México el PIB per cápita solo creció 19% en el mismo período. Corea del Sur y China nos rebasaron por el carril de alta velocidad.

Propuestas

- Realizar un censo de científicos en México para tener una mejor idea del volumen y distribución de la investigación científica en el país.
- Mantener en la Ley de Ciencia y Tecnología la aspiración de gastar el 1% del PIB en ciencia y desarrollo tecnológico.
- Elaborar un plan estratégico para transitar hacia al menos ese 1% de inversión en ciencia y tecnología en pocos años.

3. Pilares de la investigación científica



El proceso de reconstrucción de la ciencia en México, que tendrá que ser iniciado en 2024, tiene que tomar en cuenta la forma en que otros países han sido exitosos al conformar un sistema de investigación nacional.

Yo pienso que hay tres pilares de la investigación que hay que tener en cuenta y una base que los soporta. La base es una estructura fiscal adecuada al nivel de desarrollo del país y que reconozca a los estados como socios y no como receptores de dádivas federales. Esa base debería ser un pacto fiscal moderno y adecuado a las circunstancias que vive México. Sobre esa plataforma de financiamiento, los tres pilares de un sistema de investigación son:

- un sistema educativo de calidad,
- un sistema nacional de centros de investigación y laboratorios nacionales, y
- cooperación para la investigación e innovación industrial privada.

Para cualquiera que se ponga a revisar la estructura de la investigación en México, lo primero que salta a la vista es que en nuestro país no contamos con una cooperación efectiva entre la federación y los estados. El centralismo político mexicano ha llevado desde siempre a una situación en la que la mayor parte de los ingresos tributarios son recaudados por la federación, que después reasigna parte de esos ingresos a los estados como “participaciones” o como “aportaciones”. Alrededor del 83% de los ingresos estatales provienen de la federación, solo el 12% proviene de impuestos locales y 5% representa deuda. En México el gobierno central controla el gasto de los estados y estos tienen poca autonomía para decidir sobre la asignación de los recursos. Es una herencia del sistema político mexicano, centralista, si se compara con otros países.

Es importante tener en cuenta esta estructura tributaria porque explica muchos de los problemas que tenemos para que los tres pilares mencionados funcionen. Además, hay que mencionar que la base tributaria es muy débil. De todos los países de la OCDE, México es el que menos impuestos como porcentaje del PIB recauda: solo el 18%, mientras que el promedio para los países de la OCDE es de 31%. Los países con un estado social vigoroso y excelentes sistemas de investigación recaudan aún más, alrededor del 40% del PIB en forma de impuestos. Así que la base fiscal es de por sí endeble y después no integra a los estados como copartícipes, sino como receptores de dinero del gobierno central. En Alemania, como contraejemplo, los impuestos son recaudados a nivel local, por cada Estado, que después le transfiere su participación a la federación (es decir, los impuestos fluyen de abajo hacia arriba). De los impuestos, después de reacomodos y transferencias, el 44% se queda en los estados, el 39% se va la federación y el 16% se queda en los municipios. Los estados pueden así ocuparse por sí mismos de muchas cosas, sin tener que solicitar dinero federal. Además, los municipios tienen fondos para mantener la infraestructura local en buenas condiciones.

Una de las cosas que las entidades federales financian directamente, en Alemania y en muchos otros países, como Canadá, es la educación de sus niños y jóvenes. Las escuelas se pagan con los ingresos estatales y municipales y cada Estado tiene su propia Secretaría de Educación con suficiente autonomía como para acometer nuevos proyectos y experimentar con formas modernas de educación. Las entidades compiten entre sí, tratando de tener las mejores escuelas e ideando las mejores formas de educar a sus alumnos. La descentralización educativa se adoptó en Alemania para nunca más vivir una situación en la que los contenidos educativos pudieran ser controlados por un gobierno central dictatorial. En particular, no existen universidades federales sino solamente universidades estatales de gran calidad. La universidad con el mayor número

de alumnos no llega a los 35,000 estudiantes matriculados. En México, por el contrario, la centralización financiera, política y educativa ha llevado a que tengamos universidades federales fuertes, pocas, pero gigantescas, mientras que, con contadas excepciones, las universidades estatales son muy débiles. Un sistema que alberga dos macrouiversidades, como la UNAM y el IPN, con sucursales ya casi por todo el país, en lugar de universidades estatales fuertes, es una peculiaridad del sistema educativo mexicano, comparando con el resto del mundo, que se explica por la tradicional centralización política y financiera del país.

El sistema educativo tiene una importancia crucial para poder erigir sobre esa base un sistema de investigación. Pero la situación actual es muy preocupante. En todos los exámenes internacionales en los que México participa para evaluar la calidad de su educación básica, el país siempre ocupa algún lugar no muy bueno. Siendo la economía número quince se esperarí que el país invirtiera lo suficiente en educación y que los resultados nos posicionaran más arriba en los rankings.

El segundo pilar de un sistema de investigación fuerte son centros especializados para realizarla, distribuidos por todo el país y financiados de manera conjunta por la federación y los estados. En México los llamados Centros Públicos de Investigación, financiados a través de CONACYT, así como el CINVESTAV y los institutos de investigación de la UNAM han jugado ese papel. No es suficiente, dado el tamaño del país y de la economía mexicana. Habría que pensar en un sistema mejor estructurado y con financiamiento diversificado, no solo federal. En países europeos y en Estados Unidos existe una plétora de centros de investigación financiados a nivel federal, a nivel estatal y por la industria. La fórmula utilizada por los Institutos Max Planck muestra de que manera funciona esto en Alemania. Cuando la Sociedad Max Planck quiere fundar un nuevo centro, se “subasta” entre los estados. La federación aporta el 50% del financiamiento inicial y futuro y el estado donde se instalará el centro, el otro 50%. Además, los estados compiten entre sí y no pueden acumular un número de centros excesivo. En México, los centros CONACYT tienen sobre todo financiamiento federal y la aportación estatal se reduce generalmente a un financiamiento de arranque, por ejemplo, para edificar las instalaciones.

El tercer pilar de la investigación científica en todos los países desarrollados, son los centros industriales de investigación. En Europa cerca del 70% de la investigación científica es realizada por la industria, por compañías como Volkswagen o Siemens, o por la potente industria farmacéutica suiza y francesa. En México la participación privada en la investigación es mínima. La mayor parte de las compañías transnacionales manufacturan en México, pero no establecen centros de investigación, más que con contadas excepciones.

Debemos entender que la investigación científica no surge de la nada, de un día para el otro. Es un ecosistema que involucra los tres pilares mencionados. Solo con buenas escuelas a todos los niveles se puede aspirar a jugar un papel en la investigación. Solo con centros de investigación potentes, establecidos conjuntamente entre los estados y la federación, se logrará avanzar para dedicar el 1% del PIB, o más, en la investigación. Solo con permeabilidad entre las universidades y la industria se podrá lograr que el “milagro coreano” se pudiera transformar en un “milagro mexicano”. Y solo con un pacto federal equitativo se podrá proporcionarles una base sólida a los pilares de la investigación. Por eso, todo esto no es algo que se pueda lograr en un sexenio, es necesariamente un esfuerzo transexenal en el que todos los partidos representados en las Cámaras y en los parlamentos locales deben aunar voluntades.

Propuesta

- Realizar estudios comparativos de las estrategias de desarrollo e investigación de países que son referentes a nivel mundial.
- Realizar un estudio del estado de la fuga de cerebros en México.
- Realizar un censo de centros de investigación privados.

4. Pacto Federal y estructura tributaria



Hablemos sobre aquella plataforma en la que se apoyan los pilares de la investigación científica: la base tributaria. Es pertinente hacerlo porque muchos de los vicios y problemas que tenemos como país de desarrollo intermedio provienen de un armazón fiscal anacrónico, que es inaplazable renegociar.

La centralización política de México es entendible por su historia. Después de que México dejó de ser una colonia, se hundió en toda una serie de guerras intestinas que hizo al país fácil presa de los Estados Unidos y después del Imperio Francés. Desde la Reforma, y pasando por el porfiriato, la política nacional siempre fue una de atar a las provincias al gobierno central a través del control de las finanzas. Después de la Revolución, el centralismo político mexicano no disminuyó, solo adquirió nuevas formas.

Todo esto es relevante porque las economías modernas se basan en una jerarquía de Estados y regiones económicamente fuertes y con suficiente autonomía para acometer proyectos propios. Los estados de la unión norteamericana, por ejemplo, compiten entre sí para tener las mejores escuelas, los mejores puertos, los mejores centros de investigación. En México, por el contrario, grandes proyectos científicos están siempre supeditados a una decisión del ejecutivo federal y hasta la educación depende en gran

medida del centro. No se confía en los estados, como para proporcionarles un mayor porcentaje de los impuestos recabados.

En México los principales impuestos los recauda el gobierno federal, quien le entrega a los estados “participaciones” y “aportaciones”. Las participaciones se pueden utilizar libremente por los estados, las aportaciones van etiquetadas desde el centro para diversas tareas cuya ejecución ha sido transferida a los estados, por ejemplo, para la educación o la salud.

Podemos ver cuál es la diferencia comparando con otros países. En Estados Unidos los ingresos estatales y el ingreso federal provienen de los impuestos, las contribuciones a la seguridad social y otras fuentes. Al final de cuentas el gobierno federal se queda con el 53%, los estados con el 26% y las municipalidades con el 21% de los ingresos. En Alemania Federal la distribución de ingresos es aún más igualitaria entre el gobierno central y los estados. Los impuestos sobre las empresas se reparten por la mitad entre la federación y los estados. Del impuesto sobre el ingreso personal el 42,5% va a la federación y otro 42,5% a los estados. El resto, 15%, va directamente a los municipios. Del IVA el 2.2% va a los municipios y el resto se reparte por la mitad entre la federación y los estados. En España el gobierno central absorbe 68% de los impuestos y las comunidades autónomas el 32%. Como se puede ver, hay grados de centralización fiscal que varían entre los diferentes países de acuerdo con su experiencia histórica.

No hay una fórmula única para todos los países, pero creo que no es casual que, en los Estados Unidos, en Canadá y en Alemania, países que son referentes mundiales respecto a la investigación científica, los ingresos fiscales se dividan aproximadamente por la mitad entre el gobierno central y las entidades federativas.

El efecto de una descentralización relativa de cada país es dotar a los estados de iniciativa propia en cuanto a educación, investigación y para atraer inversionistas. Respecto a la educación, estados financieramente fuertes pueden administrar sus propias escuelas, pagar la nómina y mantener una buena infraestructura. No tienen que estar negociando permanentemente con el gobierno central el financiamiento de la educación. En México la nómina de los maestros (primaria y secundaria) es cubierta por el gobierno federal a través del Fondo de Aportaciones para la Nómina Educativa y Gasto Operativo. Eso ha llevado a innumerables conflictos a lo largo de los años, a pesar de que repetidamente se ha tratado de descentralizar la educación en México. Los intentos han fracasado sobre todo por la falta de recursos de los estados, para financiar ellos directamente la educación básica. En una situación ideal, cada entidad se ocuparía de sus maestros, de su capacitación, de equipar a sus escuelas, etc., tomando los recursos directamente de sus ingresos fiscales. Si sube o baja el número de estu-

diantes, pueden reaccionar de manera más eficaz. No necesitan aparecer como solicitantes en la SEP.

Lo mismo se puede decir del fomento a la investigación. En países fiscalmente descentralizados, los estados pueden decidir instalar centros de investigación o mejorar la calidad de sus universidades de manera autónoma. El retraso histórico de las universidades de provincia en México, con respecto a las universidades federales, como la UNAM o el IPN, se ha dado sobre todo por la falta de recursos en los estados. Para subsanar un tanto el problema, los estados a veces proporcionan algún terreno o edificio para que se instalen nuevas unidades de la UNAM o del IPN, que crecen como pulpos por todo el país, pero como universidades federales. No es que eso sea malo, al contrario, pero ¿no sería mejor que las universidades estatales recibieran mayores recursos, directamente de sus estados? En la actualidad rara vez un estado apoya a más de una universidad local, la que se convierte en la universidad insignia del estado, al contrario de lo que ocurre en países más descentralizados en donde múltiples universidades estatales compiten entre sí por atraer a los mejores estudiantes e investigadores.

En cuanto a los centros de investigación ocurre algo similar. Los Centros Públicos de Investigación de CONACYT y el CINVESTAV son instituciones federales. Es cierto que sus unidades están distribuidas por todo el país, pero quizás hubiera aún más si los estados y la federación pudieran asumir conjuntamente su financiamiento. Y escribo “pudieran”, porque no es el caso actualmente. Un ejemplo sería el ya antiguo proyecto de instalar un sincrotrón en México, primero en Morelos y posteriormente en Hidalgo. A pesar de que cada uno de los dos estados se interesó en albergar el proyecto, ninguno de los dos podía asumir un 50% o 40% de los gastos de construcción y operación. Para proyectos de esa envergadura se requiere 90% o más de participación federal. Y si ésta no se da, el proyecto languidece.

Queda la opción de la investigación privada, que es aún muy reducida en México. Típicamente los estados compiten en México por atraer inversión. Algunos han sido muy exitosos, sobre todo donde se ha podido instalar manufactura de exportación. Esos estados, como Jalisco, Nuevo León y Puebla, reciben los beneficios de la inversión extranjera y las posteriores exportaciones. Pero rara vez compiten tratando de atraer centros de investigación científica. Si se pudiera estimular la investigación privada asociada a la industria de exportación, habría una fuente de investigación adicional muy beneficiosa.

En los capítulos siguientes abordo los problemas y oportunidades de la educación en sus diferentes modalidades, de la instalación de centros de investigación, públicos y

privados, pero hay siempre que tener en consideración que un desarrollo balanceado del país solo puede ocurrir si se abandona la tendencia histórica a centralizar las decisiones económicas más importantes. Es obvio que la refundación del pacto fiscal en México es un proceso que tomaría años, pero cada vez son más las voces que lo demandan, en la medida que el crecimiento económico ha fortalecido a los estados. El capitalismo mexicano es un caso *sui generis* de desarrollo “espontáneo”, en el sentido de que nunca ha habido una planeación estratégica de largo plazo. El NAFTA primero, y el T-MEC después, han remolcado a la economía nacional a niveles de exportación nunca vistos. Pero la investigación ocurre en las casas matrices, desde donde se nos envían los planos para hacer las cosas. Si eso nos deja satisfechos, pues seguiremos por esa vía de desarrollo en automático.

A medida que los estados ganan preminencia económica es natural que ya demanden un nuevo pacto fiscal. Ha llegado el momento de estudiar las formas de lograrlo, para alcanzar una estructura fiscal más moderna y, además, más democrática.

La propuesta hacia el futuro es:

- a) Realizar una reforma fiscal progresiva que dote al Estado mexicano de mayores recursos,
- b) Lograr un pacto fiscal equitativo en México entre la federación y las entidades, para descentralizar al país, como han hecho economías modernas.

5. El mejor programa social es la educación



Esther Duflo, ganadora del Premio Nobel de Economía, presenta cuatro áreas de oportunidad en su colección de ensayos titulada “Combatir la Pobreza”. Estos son: a) el gasto público en educación, b) gasto en salud, c) microcréditos, y d) la mejoría de la gestión pública para eliminar la corrupción. Brindar educación de calidad a toda la población es uno de los factores más importantes para lograr que un país salga de la pobreza y el subdesarrollo.

Los investigadores Hanusheck y Woessman, de la Universidad de Stanford y Múnich, respectivamente, son enfáticos. De acuerdo con sus estudios el “crecimiento económico de largo plazo está determinado por las habilidades de la población” y éstas pueden ser determinadas aprovechando las pruebas anuales para evaluar a estudiantes de educación básica y secundaria. La capacidad de innovar en la economía sería entonces proporcional al nivel de escolaridad. Incluso, si solo se trata de adoptar tecnologías que vienen del exterior, un mayor nivel de escolaridad permite hacerlo más rápidamente. Se ha encontrado que la tasa de crecimiento de la economía, a largo plazo, es proporcional a los años de escolaridad obligatoria de un país. Sin embargo, una mejor medición del nivel de educación de un país es proporcionada por los exámenes inter-

nacionales. Su relación con el crecimiento económico es aún más marcada, cuando se estudian los datos.

En 2022, México le aplicó la prueba PISA a 8,050 alumnos en 312 escuelas a nivel nacional, lo que es insuficiente para obtener una radiografía educativa de nuestro país. En el ranking de la última prueba publicada, de 2018, México ocupó el lugar 56, junto a Jordania. Los resultados de los últimos diez años muestran un estancamiento de las calificaciones que obtienen los estudiantes mexicanos muestreados, en las categorías de lectura, matemáticas y ciencia. En 2019 desapareció el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE), una de cuyas funciones era evaluar el aprovechamiento de los estudiantes y la calidad de la educación. No está claro como se harán estas evaluaciones en el futuro.

De acuerdo con los cálculos de Hanushek y Woessmann, países de ingresos medios y bajos pueden aumentar su crecimiento económico anual hasta en 28%, a largo plazo, si garantizan el acceso de toda la población a la educación y si, además, mejoran la calidad de las escuelas. Incluso los países desarrollados pueden aún obtener un 10% más de crecimiento si le dan otra vuelta a la tuerca y perfeccionan sus sistemas educativos. Los autores citados concluyen por eso que “el capital de conocimientos, es decir, las habilidades cognitivas agregadas de la población, pueden explicar 75% de la variación de las tasas de crecimiento a largo plazo entre países”.

Por todo esto es posible afirmar que *el mejor programa social que un país puede tener es incrementar el gasto en educación*. Distribuir la riqueza quiere decir crearla de antemano. Pero en México el gasto público en educación es solo del 3.3% del PIB, aún muy lejos del 8% estipulado por la Ley General de Educación vigente.

La educación básica

México tiene una educación básica de cobertura universal, por lo menos en el caso de la primaria. La cobertura de la secundaria es alta pero no universal para los niños en la edad correspondiente. El principal problema de la educación primaria es la baja calidad de las escuelas públicas y la gran variación que se da entre zonas urbanas y zonas rurales. Hay dos tipos de inversiones que se tienen que hacer: primero, para mejorar el nivel pedagógico de los maestros y, segundo, mejorar los edificios e infraestructura de las escuelas.

Desde el principio la educación pública en México nació altamente centralizada. La primera urgencia fue alfabetizar a la población y extender a las escuelas primarias por todo el país. Se hizo desde un gobierno central fuerte que desde la capital provee el financiamiento y determina los planes de estudio.

Ese modelo centralizado de educación básica es ya obsoleto. Por un lado, porque se han obtenido los resultados mínimos a los que se aspiraba y, por otro, porque desde el centro es imposible cubrir todas las necesidades educativas regionales.

En países de mayor desarrollo económico, las escuelas son propiedad de las ciudades o Estados a las que pertenecen. La mayor parte o todo su financiamiento proviene de ingresos estatales y de los municipios. Eso les confiere a los pobladores de cada región un interés directo en garantizar que sus escuelas sean de calidad y en supervisar su funcionamiento, para evitar desperdicios o corrupción.

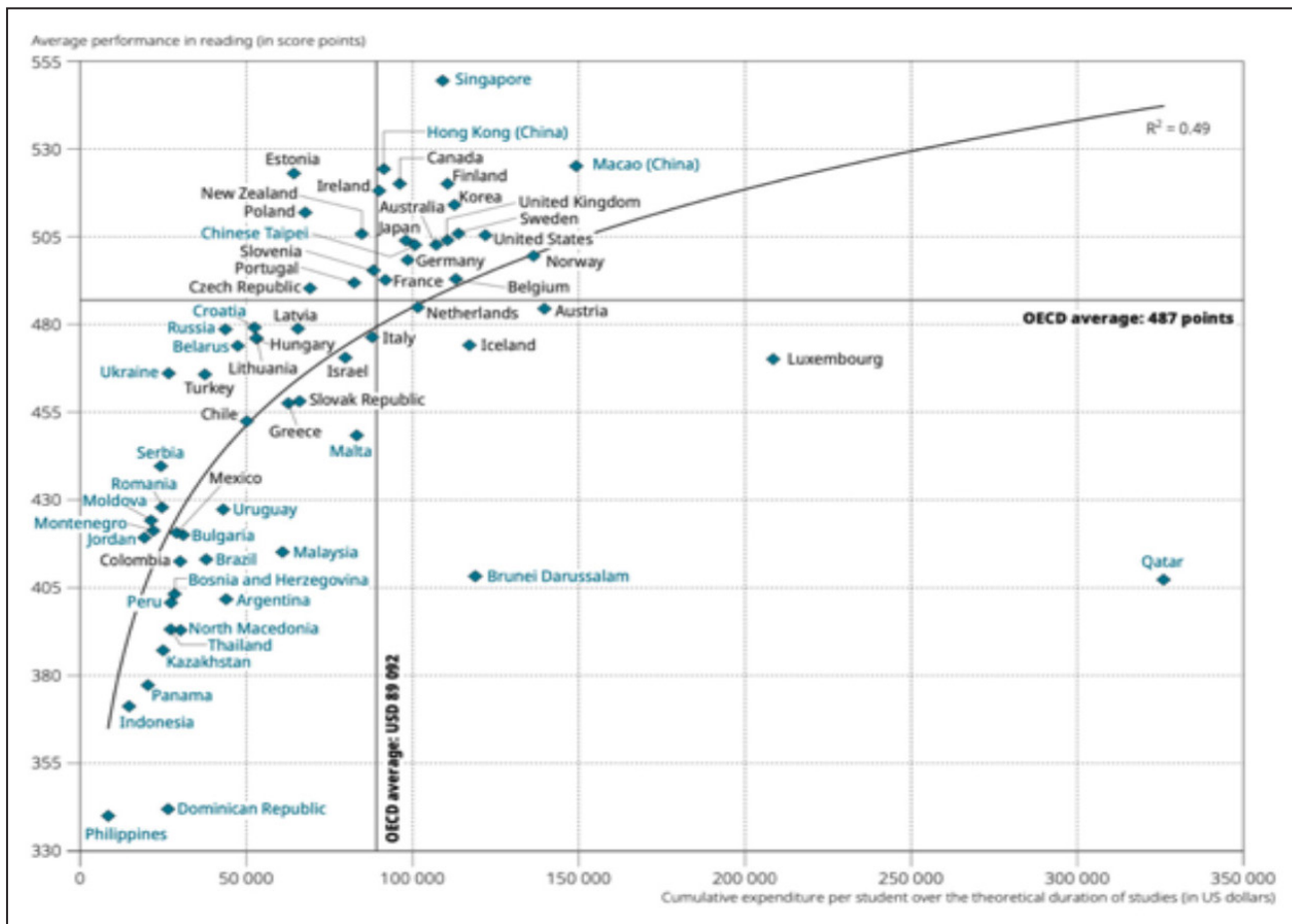
En México ha habido diversos intentos por transferir la responsabilidad del financiamiento y operación de las escuelas a los gobiernos estatales, desde hace ya más de treinta años. Aunque la responsabilidad de operar las escuelas recae sobre los estados, los recursos económicos necesarios se transfieren del gobierno federal y hay muchas restricciones. Ha sucedido que los gobiernos estatales aumentan el número de plazas de maestros para las escuelas, pero el gobierno federal no cubre el gasto adicional. Las transferencias del gobierno federal no han crecido al ritmo de la población y los estados han debido asumir un porcentaje mayor de los costos de operación del sistema educativo. Ha ocurrido también que en algunos estados se aumentó el número de plazas sin un pacto con la federación. Varios estados decidieron regresar el pago de la nómina de los maestros a la Federación, hasta que se anunció hace poco que la SEP absorbería de nuevo las nóminas de los estados.

Los tres desafíos

Hay tres desafíos para la educación básica en México: el primero es diseñar una política de transición hacia la operación y financiamiento por cada estado de su sistema educativo, lo que implica precisar y reforzar todo el sistema fiscal, a largo plazo. Este es quizás el mayor problema, como demuestra el vaivén permanente, de sexenio a sexenio, entre la tendencia a centralizar o bien descentralizar la educación en México.

El segundo desafío es mejorar la calidad de los maestros, quizás a través de campañas permanentes de capacitación, de manera que el educador sea educado, como se dice. Los maestros deberían ser “estudiantes de toda la vida”, en mejora continua. Para eso habría que crear los programas necesarios, por ejemplo, para que los maestros puedan acudir a programas intensivos de capacitación como parte de su actividad laboral.

FIGURA 6. EVALUACIÓN DEL NIVEL DE LECTURA CONTRA EL GASTO PER CÁPITA EN EDUCACIÓN



El tercer desafío es resolver el problema de la deficiente infraestructura de las escuelas. El presupuesto de la SEP es absorbido casi todo por la nómina y los gastos de operación de las escuelas. No queda mucho presupuesto para mejorar los edificios y la infraestructura. Eso debe cambiar, ya que el contexto en el que ocurre la educación, el buen estado de las escuelas, es muy importante.

La Gráfica nos da una idea de la importancia de la inversión en educación, por estudiante, para poder alcanzar mejores resultados. El eje horizontal muestra el gasto acumulado por estudiante (para el estudio completo) y el eje vertical los resultados en las pruebas de lectura del examen PISA. México invierte menos que el promedio de países de la OCDE y los resultados en los exámenes de lectura son correspondientemente bajos.

Como comentamos en la introducción, desde los años setenta las clases medias han votado con los pies, han preferido escapar de los problemas de las escuelas públicas recurriendo en cada vez mayor medida a la educación privada. En México deberíamos evitar el creciente apartheid educativo que se ha cementado en las últimas décadas, pero la única manera de lograrlo es mejorando la calidad del sistema de educación pública.

Propuestas

- Elevar paulatinamente el gasto en educación en México, para cumplir con la Ley General de Educación.
- Transitar paulatinamente hacia la descentralización de la educación pública.
- Invertir en la mejora de la infraestructura escolar en todo el país, especialmente en zonas marginadas.
- Refundar el sistema de evaluación de docentes y crear un sistema de capacitación permanente.
- Darle mayor importancia a las pruebas de evaluación de los escolares (PISA y otras) para monitorear continuamente la calidad de la educación.
- Investigar formas de evitar o paliar la desigualdad educativa que se está profundizando en México.

6. Los libros de texto gratuitos: una oportunidad



En México se imprimieron y distribuyeron 183 millones de libros de texto gratuitos, en 2022. La Comisión Nacional de Libros de Texto Gratuitos (CONALITEG) fue creada en 1959 y los primeros libros fueron distribuidos en 1960. En el archivo digital de la CONALITEG se pueden encontrar las diversas ediciones de los libros, de entonces hasta hoy. Además, en 1995 se comenzaron a distribuir libros de texto para secundarias, elaborados e impresos por editoriales comerciales con contenidos aprobados por la SEP.

Desde el fallido intento de introducir tecnologías digitales en el salón de clases durante el gobierno del presidente Fox (con Enciclomedia), la CONALITEG se ha movido con pies de plomo respecto a todo lo digital en la educación. La excepción es el libro de Geografía de sexto año de 2019 que ya incluye códigos QR para acceder a páginas de Internet, utilizando la cámara de un celular para capturar el código y un browser para ver la página. Sin embargo, los códigos ya no funcionan, por lo menos mi browser no puede abrir los videos que en el libro están asociados con cada código.

La iniciativa Enciclomedia fracasó por una multitud de razones. Alguna vez participé en una reunión con los iniciadores del proyecto para discutir algunas formas de hacer más interactiva la educación y me dijeron claramente: lo único que querían es

que el maestro colocara el CD en la computadora, que dejara correr los videos y que se abstuviera de intervenir mayormente. No confiaban en los profesores para nada y Enciclomedia los iba a sustituir impartiendo clases. Fue una ilusión tecnocrática: de las computadoras repartidas a las escuelas la mayor parte no se llegó a utilizar, desaparecieron muchos equipos, otros se dañaron, o de plano algunas escuelas no contaban ni siquiera con electricidad.

Después de tantos fracasos y dinero malgastado es claro que hay que pensar y repensar hasta tres o más veces cualquier iniciativa que trate de combinar los libros de texto con contenidos digitales. Lo más complicado del asunto es que hay una “ruptura” entre los dos medios. Por ejemplo, con los códigos QR. Hay una buena intención detrás de incluirlos en los libros para que cuando el estudiante está leyendo sobre GPS, digamos, pueda conectarse con un video que le ofrece una visualización del cálculo de coordenadas GPS. Pero todos lo sabemos: si ya el estudiante se sentó a leer el libro, hay que evitar que mire o regrese a su celular, porque no va a retornar después al libro. Se quedará pegado al celular, haciendo todo, menos aprender.

Hay dos posibilidades de uso de contenidos digitales: la primera es en el salón de clases, la segunda va asociada al libro y sería utilizable en clase o en el hogar del estudiante. En los salones se podría pensar que estuvieran dotados de pantallas de suficiente tamaño conectadas a computadoras desde las cuales lo maestros pueden mostrar contenidos digitales (fotografías, mapas, videos). Esto solo sería realista en el caso de escuelas con mayores recursos por estudiante, ya fueran privadas o públicas. Pero claro que hay gastos asociados a todo esto: el equipo mismo, su mantenimiento, conexión a Internet y la capacitación de los maestros para poder operar al equipo.

En el caso del estudio individual, me parece que la única opción realista para integrar contenidos digitales es hacerlo directamente en el libro, es decir, el libro debe ser digital, para poder ser leído en una tableta y los elementos digitales se deberían poder presentar superpuestos sobre la imagen del libro, para minimizar la ruptura entre los medios.

Para posibilitar el acceso de los estudiantes a materiales digitales durante las clases, México debería contar con una nube de servidores educativos. Todos los contenidos estarían ahí almacenados y en cada escuela solo se necesitaría dispositivos de acceso a la nube (dotados solo de un browser, como las computadoras Google Chrome de bajo costo), una conexión de Internet y una pantalla en el salón de clases. Con los costos actuales de las laptop Chrome y de las pantallas OLED de hasta 65 pulgadas en EU, estamos hablando de menos de 700 dólares por instalación (es decir, por salón de clases equipado). En las escuelas se podría comenzar por equipar solo unos pocos

salones para ir adquiriendo experiencia, capacitar maestros y experimentar con contenidos digitales.

La mayor oportunidad se tiene si se trata de desarrollar “libros inteligentes” apropiados para correr en tabletas de bajo costo (menos de 200 dólares). Esos libros podrían bajar los contenidos de la nube educativa en la escuela (aprovechando su conexión a Internet) pero podrían ser leídos sin conexión a Internet después. El niño baja el libro, con los contenidos digitales, y lo utiliza durante varios días hasta que necesita el siguiente capítulo que debe bajar de la red. Se podrían integrar preguntas de comprensión y hasta pequeños exámenes de autoevaluación para motivar a los alumnos. Un ejemplo: supongamos que el alumno está leyendo sobre volcanes. En un recuadro se podría activar una pequeña animación de lo que sucede en un volcán. En otro recuadro se podría animar un mapa que muestra donde han ocurrido las últimas erupciones. Si el estudiante tiene una pregunta adicional, la puede escribir en un renglón y recibe una respuesta directa de la computadora. No hay que dejar de lado al libro para disfrutar los contenidos digitales. En el caso de las matemáticas, el libro puede diagnosticar cuál es el tipo de error que el estudiante comete frecuentemente y puede ofrecer ejercicios adicionales o de profundización de lo aprendido. Si se hace bien, sería como tener un profesor en casa.

En suma, la gran oportunidad que tiene México es que desarrollar un programa piloto para evaluar este tipo de posibilidades tecnológicas es algo que se podría hacer hoy con una inversión ínfima respecto al potencial que los resultados tendrían para mejorar la educación básica en nuestro país. Dicho de otra manera: si dividimos el costo de la inversión piloto entre el número de niños de primaria, el costo es bajísimo. Una nube educativa es completamente factible y puede basarse en nubes comerciales que se pueden rentar. En la elaboración de contenidos digitales podrían participar universidades de todo el país.

Estoy consciente de que la situación en las escuelas rurales o en zonas marginadas es muy distinta a las de las ciudades. Para integrarlas en un proyecto como el que se propone habría que resolver antes muchas otras debilidades más básicas. Eso hay que tenerlo presente para no repetir el error de la Enciclomedia. Sin embargo, los errores del pasado no deben tampoco producir inmovilismo educativo.

Propuestas

- Crear una nube educativa en México para la distribución de contenidos digitales.
- Iniciar un proyecto de desarrollo de libros inteligentes basados en tabletas.
- Realizar un proyecto piloto en México con libros inteligentes y nube educativa.
- Reanalizar todo el sistema de producción de los libros de texto gratuitos.

7. La educación dual



En México desde hace algunos años se ha comenzado a hablar de la educación dual, que significa en esencia que la educación es doble, ocurre tanto en las aulas como en las empresas. Un estudiante divide su tiempo por igual asistiendo durante la semana a la escuela de oficios y también a la compañía que lo tiene contratado. El modelo de educación dual fue desarrollado en Europa, especialmente en Alemania, y es la evolución moderna de la relación entre maestros y aprendices que se desarrolló desde la Edad Media.

Muchos estudiantes no desean o no requieren cursar una carrera universitaria. Aprender un oficio es una opción válida de acuerdo con el plan de vida o necesidades económicas de cada uno. Esto generalmente implica una inserción temprana en el mercado laboral.

En Alemania una persona que quiere convertirse en “aprendiz”, bajo el sistema de educación dual, solicita empleo en alguna de las empresas que ofrecen tales puestos. Cada empresa define el área (plomaría, electricidad, informática, etc.) y sube las ofertas de trabajo a servidores regionales donde los interesados pueden consultar cada año las plazas que se han abierto. En un año típico las empresas ofertan un poco más de medio

millón de plazas, que se pueden cubrir al 90%. En 2022 había 1.26 millones de aprendices de oficios en Alemania, mientras que el número de estudiantes universitarios era de 2.9 millones.

La ventaja de la educación dual es estar inserta en la praxis. Los aprendices se ven confrontados de inmediato con problemas de verdad y tienen que participar en su solución. Si pasan tres días a la semana en la empresa, tienen que acudir los otros dos días a las aulas. Un electricista, por ejemplo, es integrado en una brigada que va de casa en casa. Durante los días con clases aprende la teoría necesaria para poder convertirse en un buen trabajador. No es raro, por ejemplo, que cuando alguien pide una reparación complicada aparezcan tres electricistas, dos ya “graduados” y un tercero que es el aprendiz y que participa bajo la supervisión de los más veteranos. Aquellas empresas que ofrecen puestos para aprendices deben pasar una inspección y deben tener a una persona que haya sido certificada para ofrecer la capacitación deseada. Algunos de los oficios más demandados son: oficinistas de administración, mecánicos automotrices, asistentes en consultorios médicos, informáticos, electricistas, etc. Es también posible asistir a la escuela de oficios sin estar empleado en una empresa, pero la parte práctica se debe cubrir en algún momento, para poder ser un “maestro” en su rama.

La educación dual resuelve varios problemas sociales a la vez:

- a) Provee a los jóvenes con un empleo que les proporciona una remuneración modesta, pero que les permite independizarse.
- b) Evita que muchos de ellos, que no tienen interés en una educación universitaria, pierdan dos o tres años en la universidad y deserten sin poder graduarse al final de cuentas.
- c) Hace que los jóvenes ingresen al sistema de seguridad social con apenas 17 o 18 años de edad. Eso por un lado les garantiza la atención médica, que es cubierta por un seguro, pero además les permite acumular antigüedad para su posterior retiro, a los 65 o 67 años.
- d) El costo de la parte práctica y la manutención es asumido por las empresas.

Una cuestión muy importante es que aprender un oficio en Europa no significa acabar estigmatizado (“ese no fue a la universidad”), ya que los aprendices graduados pueden continuar adquiriendo experiencia en una compañía, para después independizarse. Los mejores aspiran a fundar su propia empresa, con unos cuantos empleados y

un cierto número de aprendices, regenerando así la economía nacional. Muchas veces esos plomeros o electricistas ganan más que un trabajador con estudios universitarios.

En México ha habido algunos proyectos piloto que tienden hacia la educación dual. Ese fue el caso en 2013 cuando se formuló el Modelo Mexicano de Formación Dual, con asesoría de la Cámara México-Alemana de Comercio e Industria (CAMEXA). Según la información disponible, hasta enero de 2015 participaban 1,158 estudiantes y 76 planteles de CONALEP y CECYT en el programa. Éste sigue vigente, como colaboración entre la SEP y la Agencia Alemana para la Cooperación. En la Encuesta 2021-2022 sobre el sistema dual en México participaron 2,695 estudiantes y 1,374 egresados.

Es muy loable que estos experimentos de educación dual se hayan estado realizando desde 2013, pero el alcance es aún muy limitado y ya sería el momento de extender la experiencia. En la mayor parte de los estados del país el número de estudiantes en el programa es de unas cuantas docenas, con la excepción del Estado de México, que concentra casi la mitad de todos los estudiantes a nivel nacional (quizás porque EdoMex tiene un programa de becas para la educación dual).

El vehículo idóneo para extender la educación dual por todo el país son las escuelas técnicas y de oficios, así como los planteles agrupados en el Tecnológico Nacional de México. El CONALEP (Colegio Nacional de Educación Técnica Profesional) podría también participar, aunque quizás solo con los estudiantes en su último año, ya que ingresan a sus planteles después de la secundaria y necesitan una edad mínima para poder ser aprendices. En los proyectos hasta ahora realizados en México han participado sobre todo planteles del CONALEP y estudiantes de los Centros de Estudios Científicos y Tecnológicos del IPN. Habría que decir que en México no existe el tipo de planteles para educación dual, con una población flotante de estudiantes que se mueven entre la empresa y la escuela, como es lo típico del sistema. Es algo que habría que desarrollar a largo plazo.

Para comenzar, lo que se necesita en México es entender y aplicar creativamente el modelo de educación dual.

Hay algunas experiencias positivas: los estudiantes del Tecnológico Nacional de México tienen que trabajar un semestre en alguna empresa, antes de poder graduarse. Esa es una buena idea, si los estudiantes le pueden sacar el mayor provecho a esa estancia práctica, pero después tienen que elaborar una tesis, lo que es contra-productivo, ya que retrasa o incluso impide su graduación. Si ese semestre práctico concluyera con un reporte de lo aprendido se podrían graduar más rápido (como quiso implementar el anterior director del TecNM, el Dr. Fernández Fassnacht). Además, habría que vigilar que todos los estudiantes-trabajadores sean inscritos en el régimen de seguridad social y que reciban un salario acorde al trabajo que realizan.

Como se ve, aún hay mucho camino por recorrer para poder llegar a un sistema de educación dual como el que existe en varios países europeos, pero lograrlo sería factible. La educación dual es un sistema de colaboración público-privado que crea sinergia entre la inversión privada (los salarios que se pagan) y la inversión pública (el costo de los planteles). El resultado es la creación de recursos humanos potenciados por la teoría y la práctica, y, de pasada, el fomento de un contexto donde no se tolera la informalidad laboral ya que a los estudiantes-trabajadores se les inscribe desde muy temprano en el sistema de seguridad social. Se crea conciencia de que deben vigilar seguir insertos en el sistema y no aceptar la práctica corriente en México de emplear trabajadores sin ningún tipo de prestaciones.

Todo esto es algo complicado de lograr, pero se puede avanzar hacia allá. Si la dirección en la que hay que movernos es clara, no podemos extraviarnos, aunque avancemos despacio. La educación siempre es transformadora.

Propuestas

- Establecer la educación dual en México, de acuerdo con el modelo alemán, que implica que los estudiantes reciben un salario y son inscritos en la seguridad social.
- Reestructurar al TecNM para darle mayor importancia a la parte práctica de los estudios en empresas.

8. Los Centros Públicos de Investigación en México



En México existen varios conglomerados de centros de investigación financiados públicamente. No es lo único que hay en el sector científico, pero sí lo más prominente en cuanto al número de investigadores empleados y el presupuesto que reciben. Se trata, primero, de los Centros Públicos de Investigación de CONACYT, del Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) y de los institutos de investigación de la UNAM. La Secretaría de Salud financia además varios institutos nacionales de gran relevancia, como el de cardiología o el de cancerología. Otras secretarías han creado algunos centros de investigación en sus áreas de responsabilidad y las universidades también albergan centros de investigación propios, integrados en la estructura universitaria.

En otros países se ha estructurado a los centros de investigación en instituciones que tienen personalidad jurídica propia. Es el caso del Consejo Nacional de la Investigación Científica en Francia (CNRS, con 32 mil trabajadores), del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en España (CSIC, con 13 mil trabajadores) y de la Sociedad Max-Planck en Alemania (MPG, con 24 mil trabajadores). En cuanto a la salud, en Estados Unidos los Institutos Nacionales de Salud (NIH) llevan la pauta respecto a todo lo que atañe a la medicina.

La gran ventaja de estar estructurados como sistema nacional es por un lado la visibilidad que tienen esas instituciones, aunada a su presencia presupuestaria, además de que pueden abordar proyectos de largo plazo con una agenda de investigación de excelencia. El sistema Max-Planck, por ejemplo, recibe presupuesto federal y de los estados. Tiene un Presidente o Presidenta y un consejo de Administración que planea a largo plazo. Evalúan regularmente a los institutos y pueden decidir cerrar alguno, o transformarlo para cubrir otra área que se ha vuelto más relevante. A principios del año 2000, por ejemplo, se creó un centro de investigación sobre bioinformática en Saarbrücken y diez años después se transformó un centro de investigación sobre materiales en uno dedicado a la Inteligencia Artificial y la Robótica. Como sistema de centros estos conglomerados son más ágiles para tomar decisiones que una Secretaría de Estado y además mantienen una independencia científica, fieles al principio de la libertad de cátedra y de investigación, tan preciada en Alemania, después de haber pasado por las tinieblas del fascismo.

Se podría decir que hay un principio rector que guía la actividad de los centros mencionados: la excelencia científica. Desde su creación en 1939, investigadores del CNRS francés han obtenido 23 premios Nobel y 13 medallas Fields (en matemáticas). La Sociedad Max-Planck ha recibido 23 premios Nobel, desde su creación en 1948, y su predecesor, la Sociedad Kaiser Guillermo, recibió 13 antes de ser reorganizada al terminar la guerra. Una cuestión muy importante es que, dado el financiamiento de largo plazo de los conglomerados, su investigación, sus metas y experimentos, no son afectados por los vaivenes políticos cotidianos. Si algo se aprecia en estos países, es la calidad de la investigación y los políticos saben que no deben meter las manos.

Eso no quiere decir que los conglomerados no puedan responder a desafíos o prioridades nacionales. Fue el caso del sistema NIH en Estados Unidos cuando comenzó la pandemia del Covid. Al NIH le tocó la responsabilidad de coordinar los esfuerzos de salud pública, canalizar investigación hacia el desarrollo de vacunas y mantener una vigilancia constante sobre el desarrollo de la pandemia. El NIH está conformado por 27 institutos y administra 49 mil millones de dólares de presupuesto. El 84% de esa suma se otorga como financiamiento para investigación de salud a cualquier universidad o centro que lo solicite, a través de concursos de proyectos. El NIH mismo tiene 6,000 investigadores y ha financiado a 169 científicos que han logrado ganar 101 premios Nobel.

En México sería posible crear algo similar al NIH estadounidense agrupando a varios centros e institutos que hoy dependen de la Secretaría de Salud, sobre todo aquellos cuya misión es fundamentalmente realizar investigación. Se podría también

crear algo similar al CNRS francés o el CIS español, conjuntando a los CPIs de CONACYT con los institutos del CINVESTAV.

Se podría pensar que agrupar a los CPIs con el CINVESTAV sería una cuestión puramente burocrática, que es lo mismo si están separados o juntos. No es así. Crear algo como el sistema del CSIC en España o el sistema Max-Planck automáticamente los convertiría en algo más que la suma de sus partes. Por una parte, podrían auto-gobernarse, por otra, podrían luchar por mayor presupuesto como sistema, que cada uno por su parte. Agregándose, se convertirían en un referente importante a nivel de América Latina.

El sistema Max-Planck es lo que se llama en Alemania un “ente independiente de investigación”, es decir, es autónomo, como si fuera una universidad, pero exclusivamente para hacer investigación. Tiene una Junta de Gobierno que designa al Presidente y decide sobre la fundación de nuevos institutos o su cierre. Negocian su presupuesto anual con el gobierno federal y de los estados y su presupuesto queda garantizado a través de la firma de convenios. El gobierno los financia y su único compromiso es realizar investigación de excelencia. Los institutos son evaluados periódicamente. Tienen una gran fuerza de negociación dada su preminencia y el gobierno mismo sabe que son una de las fuentes más importantes de innovación en el país.

Al sistema Max-Planck (MPG) se le puede concebir como una columna vertebral que recorre todo el país. Esa columna vertebral se conecta lateralmente con las universidades locales, a través de convenios para ofrecer grados y posgrados en las universidades, con docentes del MPG. Los tesis y doctorantes del sistema MPG se doctoran en la universidad local (asesorados por profesores del MPG) y trabajan en los laboratorios de la MPG, mientras los investigadores de la MPG están concentrados en la investigación. Lo que hacen los centros de investigación es propulsar indirectamente a las universidades para que mejoren y aumenten su propia investigación.

Lo mismo sucede con el CNRS francés o el CSIC español. Muchos de los centros de investigación están ubicados en campus universitarios y hay una colaboración estrecha con las universidades locales.

Idealmente, el financiamiento de los centros de investigación debería ser federal y estatal, para garantizar su trabajo y permanencia durante muchos años. Sin embargo, en México hay un problema, que es la centralización fiscal y la falta de recursos en los estados. Eso es algo que, a largo plazo, se debe resolver con un nuevo pacto fiscal.

Ahora bien, todo esto lo escribo desde la perspectiva del “estado ideal”, como hizo Platón en la Politeia, sin ponerme a discutir primero si es posible o no (como la cuestión del nuevo pacto fiscal). En México muchas veces mis amigos me paran en seco cuando

comienzo a hablar del estado ideal, porque “en México no se puede”. Yo pienso que es útil discutir como quisiéramos que fueran las cosas y, a continuación que posibilidades hay de lograr algo. Para ser realistas hay que soñar primero lo imposible. Así que mi sueño imposible sería que en México tuviéramos el equivalente del MPG alemán, o del CNRS francés, o del CSIC español.

Propuestas

- Fusionar los CPIs de CONACYT, al CINVESTAV y otros institutos de investigación en México que reúnan los requisitos de calidad. Crear algo similar al CNRS francés o el CSIC español.
- Dotar a la nueva institución de autonomía de investigación y de un presupuesto garantizado más allá de un sexenio.
- Impulsar el financiamiento conjunto, federal y estatal, de los centros de investigación.
- Crear algo similar al NIH estadounidense agrupando a varios centros e institutos que hoy dependen de la Secretaría de Salud.

9. Innovación e investigación industrial



Los países más desarrollados no se apoyan únicamente en el gasto público en investigación y desarrollo. Una parte considerable del gasto en investigación e innovación, incluso mayoritaria, proviene del sector privado. Eso quiere decir que al considerar la forma de articular la ciencia en un país no se puede dejar de tomar en cuenta la conexión deseable entre la investigación con financiamiento estatal y la investigación privada.

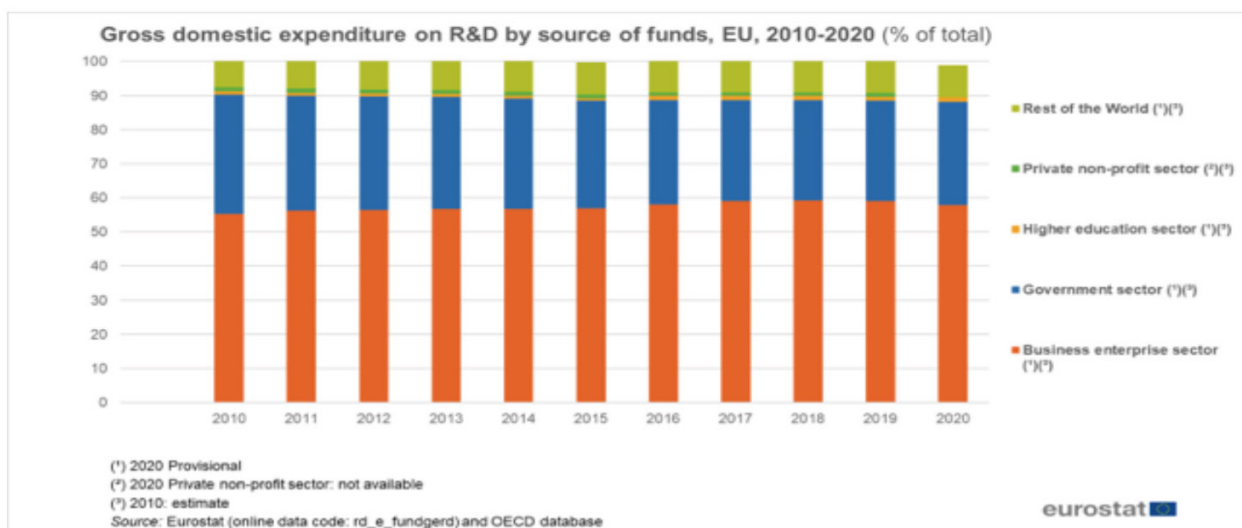
Para dar una idea de los montos de investigación de los que estamos hablando, basta decir que Alphabet (el holding que posee a Google), Meta (el holding que posee a Facebook), Microsoft y Apple invierten anualmente en investigación, entre las cuatro empresas, 91 mil millones de dólares, lo que representa 24 veces la suma que en México se invierte en el mismo rubro.

La proporción entre investigación pública y privada es muy ilustrativa en el caso de Alemania: el sector gubernamental contribuye 33% del gasto en investigación, mientras que el sector privado aporta 67% del total. Del 33% del gasto privado, 18% corresponde a las universidades públicas y 15% a los centros públicos de investigación. Así que resulta que dos tercios de la investigación es realizada por las empresas. Además, la inversión

pública en investigación ha ido aumentando de manera vertiginosa: creció 50% de 2010 a 2020.

En la Unión Europea la proporción es similar: en 2020 57.9% de la investigación ocurrió con financiamiento privado nacional y 30.3% fue financiado por los gobiernos. La diferencia, 9.6% corresponde a inversiones del exterior en investigación (compañías no europeas). Como se puede apreciar en la gráfica adjunta, la participación del sector privado ha ido aumentando desde 2010.

FIGURA 7. GASTO PÚBLICO Y PRIVADO EN INVESTIGACIÓN EN MÉXICO



El problema que tenemos en México es que ya somos un gran exportador de manufacturas, pero un participante menor en cuanto a investigación industrial. En 2021, México fue el quinto exportador mundial de autos y autopartes, con casi 40 mil millones de dólares de exportaciones en el sector. Pero en México armamos los autos que son diseñados en los países donde residen las casas matrices. La investigación y desarrollo de autos alemanes se hace en Alemania, la de autos japoneses en Japón, etc. Y si esas compañías deciden instalar centros de investigación externos, lo hacen en Estados Unidos, en Europa o en Japón, es decir, entre ellos. En Silicon Valley, en California, se puede encontrar a decenas de centros de investigación financiados por compañías internacionales.

La experiencia internacional demuestra entonces, que en México no se puede tener una política científica, orientada al progreso industrial y tecnológico, sin considerar como se podría lograr que la investigación privada aumente en México.

En el caso de Alemania, que conozco bien, lo que las autoridades tratan de hacer es estimular cierto tipo de desarrollos tecnológicos lanzando desafíos nacionales (*grand challenges*) de investigación, en los que colaboran empresas y centros públicos de investigación. Si, por ejemplo, se desea que la industria automotriz avance en el desarrollo de nuevas baterías para automóviles eléctricos, se anuncia un financiamiento gubernamental multimillonario por el cual pueden competir las empresas, en alianza con universidades, y se selecciona a los mejores proyectos. El Estado aporta 50% del costo del proyecto y las empresas el otro 50%. Al final del proyecto cada uno sigue por su lado, aprovechando los resultados y las patentes comunes que se hayan registrado.

Lo que este ejemplo demuestra es que el Estado puede multiplicar los panes y los peces, invirtiendo en investigación y desarrollo en colaboración con la industria. El Estado tiene un interés crucial en estar siempre tratando de estimular investigación de vanguardia, para que la industria nacional no se quede atrás, y la industria tiene obviamente un interés en mantener o aumentar sus ventas. Pero muchas veces, si se deja que la industria determine por sí sola sus temas de investigación, se tiende a la miopía. Compañías automotrices que han vivido por décadas de producir autos de gasolina, pueden reaccionar lentamente a las nuevas tecnologías con las que se puede producir autos eléctricos. La labor del Estado, en estos casos, es tratar de ver más lejos, de proyectar tendencias científicas e industriales, y darles un empujón a las empresas para hacerlas colaborar con los centros públicos de investigación. El Estado es el catalizador de esa cooperación público-privada.

Crear que las empresas siempre se comportan como vampiros porque quieren recibir fondos de los proyectos gubernamentales es erróneo. En la mayor parte de los casos, las empresas no quieren saber nada de los centros públicos de investigación, ni quieren que el Estado se entrometa en sus temas de desarrollo de tecnología. Piensan que saben lo que quieren y eso es lo que hacen. Pero el Estado tiene que ver más lejos que la ganancia inmediata. Debe tener en cuenta, por ejemplo, el cambio climático y tiene que fijar metas de sustitución del parque vehicular, lo que a veces choca con la inercia de las empresas. El financiamiento gubernamental de proyectos público-privados se da precisamente para romper esa inercia y abrir nuevos horizontes de desarrollo.

¿Cómo se da esa orientación por parte del Estado para conducir lo mejor posible la investigación en colaboración con la industria? El gobierno alemán, para seguir con ese país, determina las metas a alcanzar, por ejemplo, en cuanto a cambio climático o conservación de energía. Se le pide a las Academias de Ciencias y al Consejo Científico de Alemania que formulen un plan maestro y una estimación de los desarrollos nece-

sarios, sobre todo aquellos que hay que estimular porque no van a ocurrir de manera automática. Ese plan maestro se convierte en llamados concretos, por ejemplo, para desarrollar nuevos chips automotrices o para inventar nuevos sistemas de seguridad para redes. Normalmente se plantean desafíos tecnológicos para los próximos diez años y se emiten las convocatorias respectivas. Éstas «sacuden» a la industria, porque cada compañía debe decidir si participa y dedica recursos para el tipo de investigación que se quiere fomentar. Si deciden participar, lo hacen con convencimiento y además con fondos propios, que documentan su interés y compromiso con las metas del proyecto.

Me han dicho: “en México no se puede”. A lo que solo puedo responder: “se debería poder”.

Hay algunos casos de éxito respecto a la investigación privada en México. La compañía Continental tiene un centro de desarrollo en Querétaro, la compañía Intel tiene un centro importante de investigación en Guadalajara, etc. El Sistema Integrado de Información sobre Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación (SIICYT) ha recabado un listado de 551 centros privados de investigación en México, pero en la lista encontramos solo dos centros con más de 251 empleados (entre ellos el de Intel). Hay otros diez con entre 101 y 250 personas, pero algunos de ellos parecen ser más bien consultorías. Se enlistan otros 14 centros que tienen entre 50 y 100 empleados, aunque algunos parecen ser fundaciones. En resumen, el resultado es raquítico para una economía como la de México, número quince en el mundo.

¿Qué se podría hacer? México tiene una industria automotriz porque en los sesenta, a través de leyes para acotar a los importadores de autos, se les obligó a producir el 60% de un auto en México y a compensar sus importaciones de partes con exportaciones, inicialmente a Estados Unidos y hoy a todo el mundo. Ya para los noventa, la industria nacional era tan potente que se autorizó la importación de autos nuevos, siempre y cuando se compensaran los montos con exportaciones. Con el Tratado de libre Comercio, la industria automotriz en México despegó.

Me parece que habría que hacer algo similar ahora con respecto a la investigación. No hay razón alguna para no demandar de los fabricantes de autos que los autos producidos en México tengan un contenido mínimo de “investigación nacional”, es decir, de partes y componentes diseñados en México. Ya sucede parcialmente, por ejemplo, con el diseño de las cabinas de algunos vehículos, pero de lo que se trata es de generalizar la experiencia, además, más allá de la industria automotriz, para incluir otros sectores, como la electrónica, la industria aeroespacial, la farmacéutica, etc.

Hay un contexto favorable para una iniciativa de este tipo. Las grandes compañías se han “virtualizado”, sus empleados trabajan desde sus casas o desde otras ciudades.

Los equipos de trabajo reúnen en videoconferencia a trabajadores en California, la India y hasta Australia. Obligar a las grandes compañías que operan en México a tener parte de sus desarrollos en el país, no las va a desangrar ni hará que abandonen nuestro mercado. La experiencia de China es notable en este respecto, porque siempre han demandado de empresas que quieren operar en su gran mercado, que realicen un mínimo de transferencia de tecnología, lo que les ha permitido levantar a sus propias empresas y centros de investigación.

En México “no se puede, pero se debería poder”, requiriendo de las grandes compañías que operan en el país que realicen investigación industrial, poniéndoles plazos para cumplir con ciertas metas mínimas. Asimismo, no hay que tenerle miedo a estimular la investigación pública-privada a través del financiamiento de proyectos, si la industria colabora con el 50% de los montos necesarios.

Propuestas

- Exigir de las compañías extranjeras establecidas en México, a partir de un cierto volumen de ventas, que integren “investigación nacional” en sus productos. Un cierto porcentaje mínimo de su inversión debería ir dirigido a investigación.
- Fomentar la investigación privada a través de proyectos conjuntos con los centros públicos de investigación, con financiamiento compartido al 50%-50%.
- Convocatorias anuales para resolver “grand challenges” a través de proyectos conjuntos de investigación.

10. El papel de las Academias de Ciencias



Si reflexionamos sobre el diseño de un sistema de investigación potente para México, las Academias Científicas juegan un papel muy importante. Desgraciadamente nunca han tenido un presupuesto anclado en una partida presupuestal clara. Ha llegado el momento de plantearse seriamente la creación de un “Instituto de México” que reúna a los mejores científicos del país. Expliquemos.

En México, la Academia Mexicana de Ciencias y otras academias de diverso tipo han recibido tradicionalmente parte significativa de su financiamiento a través de partidas anuales y quizás de alguna que otra secretaría de Estado. Una de las Academias más antiguas, la de Medicina, constituye una excepción, ya que logró ser reconocida como asesora del gobierno federal en 1912 (durante el gobierno del presidente Madero) y ha recibido desde 1957 subsidios federales garantizados.

El lector desinformado podría creer que las academias científicas en México son rondas de discusión de élites que bien harían en disminuir los costos de sus tertulias realizándolas en el café más cercano. No es así.

La Academia Mexicana de Ciencias, la Sociedad Matemática Mexicana y la Sociedad Mexicana de Física organizan importantes actividades como los veranos de la inves-

tigación, las olimpiadas científicas para los jóvenes, así como actividades de difusión para el público en general y para los “científicos ciudadanos”. La AMC edita además la revista *Ciencia*, libros de actualidad científica y otorga diversos premios y estímulos a investigadores.

Las academias de ciencias, artes, de medicina y de la lengua, surgen en Europa en los siglos XVII y XVIII para consolidarse en el siglo pasado con presupuestos y financiamiento gubernamental de gran monto. Las academias europeas siempre han jugado un papel importante para plantear problemas científicos y estimular su solución. Habría que pensar por ejemplo en las convocatorias periódicas para resolver problemas matemáticos o de física y que llevaron a grandes descubrimientos. Las academias estimulan también la investigación científica otorgando premios, como el Premio Nobel, a cargo de la Academia de Ciencias de Suecia.

A nivel internacional existen diferentes modelos de financiamiento para las academias: uno de ellos consiste en dotarlas de un patrimonio propio del cual pueden derivar ingresos por inversiones, además de recibir un subsidio gubernamental. En otros casos las academias reciben directamente su presupuesto anual del Estado. Véase lo que gastan algunos países europeos *anualmente* en academias de ciencias, humanidades y artes:

- Reino Unido: la prestigiosa *Royal Society* tiene un presupuesto de 108 millones de dólares;
- Alemania: la Unión de Academias, la Leopoldina y ACATECH reciben 99 millones de dólares;
- Francia: el Instituto de Francia genera 60 millones de dólares de recursos propios y subsidios;
- España: el Instituto de España recibe 7 millones de dólares del Ministerio de Educación;
- Estados Unidos: la Academia de Ciencias gasta 200 millones de dólares; el 80% proviene de contratos con el gobierno. Cuenta con patrimonio propio de 280 millones de dólares.

El ejemplo que me parece más elegante de como organizar a las academias científicas es el de Francia. El llamado “Institut de France” reúne a las cinco academias más importantes (la de la Lengua, de Humanidades, Ciencias, Bellas Artes y Ciencias Políticas), además de tener academias afiliadas. Creado por la Convención Nacional durante la Revolución francesa (en el tres brumario del año cinco), el Instituto eliminó estruc-

turas aristocráticas para convertir a la ciencia y la cultura en una gran tarea nacional. El Instituto de Francia tiene hoy un patrimonio propio de más de 1100 millones de dólares que puede invertir y ejercer de manera autónoma, además de que recibe donaciones privadas y subsidios estatales.

En España, donde tradicionalmente han adoptado los modelos franceses, se creó el Instituto de España en 1947, el cual reúne a las diez academias reales más importantes (de la Lengua, de Medicina, de Ciencias Exactas y otras). Tanto el Instituto de Francia como el de España realizan labores de divulgación de las ciencias y las humanidades muy relevantes, lo cual bien justifica la elevada contribución estatal, que no es gasto inútil, es inversión en el futuro.

En Alemania, por su parte, existe una organización dual de las academias. Aquel país es una verdadera federación: educación y ciencia se conciben como tareas asignadas a los estados. Algunos de ellos tienen sus propias academias de ciencias y humanidades, reunidas a nivel nacional en lo que se llama la Unión de Academias. La “Leopoldina” es además la academia federal (similar a la “Royal Society”) y la Academia de Ingeniería es también de alcance nacional. Todas ellas dependen del subsidio estatal y federal, que como se apuntó arriba, es de 99 millones de dólares. Sin embargo, la mayor parte de los fondos no provienen de la federación sino de los Estados, que además compiten entre sí para tener las mejores academias.

En los países de vanguardia en el área científica, las academias agrupan a los mejores investigadores y les dan un foro desde el que pueden asesorar a sus respectivos gobiernos en el área científica. Yo diría que forman la corteza cerebral del hacer gubernamental. En Alemania los problemas más complicados, como el cambio climático o la transformación de la manufactura, pasan primero por las academias que elaboran documentos para asesorar al ejecutivo y al Bundestag. Por eso el impacto social es muy alto.

En México, donde tenemos diversas academias cuyos diversos presupuestos nunca han sido formalizados de manera unificada, se podría comenzar a trabajar en adoptar una estructura como la de los institutos de Francia o España. Un “Instituto de México”, por llamarlo de alguna forma, podría cobijar y armonizar el presupuesto de las academias de ciencias, humanidades, medicina y otras también importantes. Academias afiliadas (más pequeñas o periféricas) podrían participar en proyectos de interés general, pero consiguiendo su propio presupuesto. Las academias mexicanas lograrían tener así una personalidad política y jurídica que les daría garantías trans-sexenales. De hecho, ya en el pasado hubo un avance en esta dirección: En 1994 la Academia Mexicana de

Ciencias, la Academia Nacional de Medicina y la Academia de Ingeniería crearon la Fundación Nacional de Investigación AC, que más tarde aparentemente no tuvo continuidad.

Sería el momento de refundar el sistema mexicano y de llegar a un modelo que pueda ser sustentable a largo plazo. El modelo francés y español me parece que serían adaptables a la situación de México. Hemos llegado a una coyuntura histórica que podemos salvar con un plan audaz para el futuro.

Propuestas

- Crear el *Instituto de México* para agrupar a las academias de ciencias, ingeniería, medicina y humanidades más relevantes en el país.
- Dotar al *Instituto de México* (y por ende a las academias) de un presupuesto anual garantizado. A cambio, las academias reforzarían su control de calidad y asumirían proyectos de asesoría en áreas estratégicas.
- Hacer del *Instituto de México* un asesor de las diferentes ramas de los poderes de la Unión.

11. Arquitectura de la ciencia en Alemania



Hablar de una arquitectura del sistema de investigación científica para nuestro país, implica también ponderar casos de éxito, sin ignorar todas las diferencias de contexto que podemos encontrar entre México y países líderes en la investigación científica. En este capítulo voy a describir a grandes pincelazos cómo funciona el sistema de investigación en Alemania, uno que conozco muy bien. Ya en el capítulo tres había mencionado que la investigación científica tiene tres pilares y un fundamento. Repasemos cada uno de esos elementos.

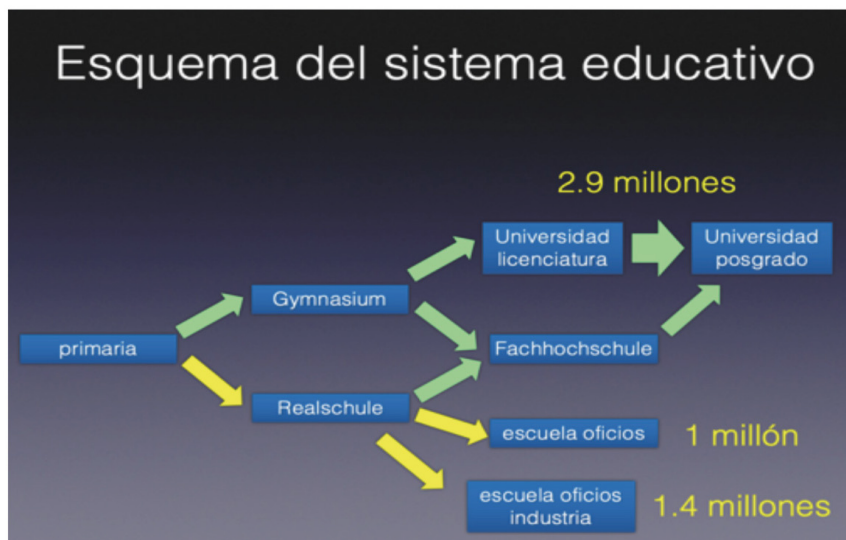
La primera cuestión relevante es que en 2020 Alemania le dedicó el 3.2% del PIB a la investigación. El promedio para los países de la OCDE fue de 2.7%. Apenas en 2007, Alemania invertía 2.5% del PIB en investigación, lo que quiere decir que desde entonces ese país ha intensificado sus esfuerzos, incrementando significativamente el gasto en investigación. Alemania ha invertido en áreas consideradas estratégicas, como son energía, sistemas de movilidad, nuevos materiales, salud, etc. En el mismo período, el número de investigadores por cada mil empleados pasó de 7 a 10 personas. Es un crecimiento de 42% mientras que, en el caso de México, el número de investigadores por cada mil habitantes se encuentra estancado desde 2004.

Educación

El sistema educativo alemán está muy bien estructurado y tiene una larga tradición. En Alemania no se intenta enviar a todos los estudiantes a la universidad. Más bien se les encauza desde jóvenes en sistemas terminales alternativos, para que se conviertan en profesionistas universitarios o bien aprendan un oficio.

De acuerdo con la UNESCO, el promedio de educación recibida por los jóvenes es de 14.1 años de escolaridad. En ese rubro Alemania es el país número uno, seguido de los EU y Suiza con 13.4 años de educación. México ocupaba el lugar 46 en la lista de la UNESCO con 8.6 años de educación promedio, que no está tan mal, considerando que el país tuvo primero que alfabetizar el siglo pasado a gran parte de la población y la secundaria obligatoria es un fenómeno reciente. En un país como Chile, los años invertidos en educación por cada joven son 10.3, en promedio.

Ahora bien, en Alemania después de la primaria los estudiantes tiene la opción de matricularse en el Gymnasium, y de ahí pueden pasar a la universidad o bien a una “Fachhochschule”, que son parecidas a las universidades pero no ofrecen programas doctorales. Aquello pupilos que más bien aspiran a aprender un oficio pueden matricularse en la “Realschule”, que los prepara de manera más práctica. De la Realschule se puede pasar a una Fachhochschule o a una escuela de oficios.



Una innovación educativa de gran tradición en Alemania es la llamada “educación dual”, que significa que una empresa contrata al estudiante como aprendiz, le paga un salario, pero lo libera dos o tres días por semana para que acuda a la escuela de oficios a aprender la teoría. En las escuelas de oficios se concentran 2.4 millones

de estudiantes, y 1.4 millones de ellos son aprendices en compañías (otro millón asiste a las escuelas de oficios sin tener un empleo en una compañía). Es este un ejemplo extraordinario de colaboración entre la industria y el Estado para dotar de educación a los jóvenes. Las universidades, por su parte, atienden a 2.9 millones de estudiantes, en las licenciaturas, maestrías y doctorados.

Investigación y docencia

Hay un aspecto que es crucial para entender el sistema científico alemán, que es la estrecha interconexión entre la docencia y la investigación. En Alemania las universidades ofrecen títulos de licenciatura, maestría y doctorado. Las llamadas Fachhochschulen solo los dos primeros tipos de títulos. En cualquier caso, los profesores son contratados por su calidad didáctica y como investigadores. Se espera que los profesores definan proyectos de investigación, en los que involucren a sus estudiantes, de todos los niveles.

Un ejemplo puede aclarar la forma en que funciona esa interconexión entre docencia e investigación. Durante varios años participé en la competencia de fútbol robótico llamada RoboCup. Las universidades participantes construyen equipos de robots móviles que juegan partidos de fútbol en canchas alfombradas. Hay desde los robots con ruedas de 18 cm de diámetro, de 50 cm de diámetro o robots humanoides. En nuestra universidad convocábamos cada año a los estudiantes interesados a integrarse como equipo para diseñar y armar los robots. Los estudiantes de doctorado dirigían a sus compañeros de maestría y licenciatura. A nadie se le rechazaba, aunque pudiera estar en el primer semestre de su carrera. Colaboraban estudiantes de ingeniería, matemáticos, físicos y hasta estudiantes de humanidades que podían programar. El resultado es un laboratorio que es como una “escuela de pueblo”, con todos los niveles académicos mezclados, y donde los estudiantes aprenden de otros estudiantes. El resultado final eran los robots ya construidos e incluso publicaciones para revistas especializadas. Muchos estudiantes obtuvieron su primera publicación científica de esa manera.

Ahora imaginemos este ejemplo replicado en universidades y Fachhochschulen a través de todo el país. Lo que se genera es un ímpetu enorme de investigación sobre todos los temas, no solo de ingeniería, sino de lingüística, humanidades, sociología, etc. En México no existe esa tradición y recuerdo aún que lo típico en mi época era que los estudiantes no se plantearan participar en investigación sino hasta que se veían confrontados con el problema de escribir una tesis. Se debe crear esa tradición en México, lo que implica hacer posible que se asignen créditos de materias por participar

en proyectos de investigación. La experiencia lo confirma: los estudiantes aprenden más de otros estudiantes, trabajando con sus pares en esos equipos de todas edades, que además pueden ser interdisciplinarios. Lo que el estudiante de matemáticas no puede aportar, lo contribuye el electrotécnico, o el mecatrónico, o el físico. La gran ventaja para los docentes, además, es que pueden hacer avanzar sus proyectos más rápidamente y además la docencia se convierte en extensión de la investigación e implica estar innovando continuamente.

Los centros de investigación

En Alemania existen múltiples centros de investigación que se han agrupado en cuatro sistemas: la Sociedad Max-Planck para investigación básica, la Sociedad Fraunhofer para investigación de tipo industrial, la Sociedad Leibniz para investigación aplicada y la Sociedad Helmholtz para investigación de gran escala en laboratorios nacionales.

La Sociedad Max-Planck (MPG) es la joya de la corona y cuenta con un presupuesto garantizado a largo plazo. La mitad de los costos de un centro de investigación los asume la federación y la otra mitad el estado donde se ubica cada centro. La MPG es autónoma, tiene un presidente y cada centro define sus líneas de investigación tratando de incidir en la ciencia de frontera.

La Sociedad Fraunhofer (FhG, 80 institutos) realiza proyectos con la industria y más de la mitad del presupuesto de cada centro tiene que provenir de contratos con compañías. Hay institutos que desarrollan chips, otros se han concentrado en vehículos eléctricos y movilidad, etc. Los institutos de la FhG están distribuidos por todo el país.

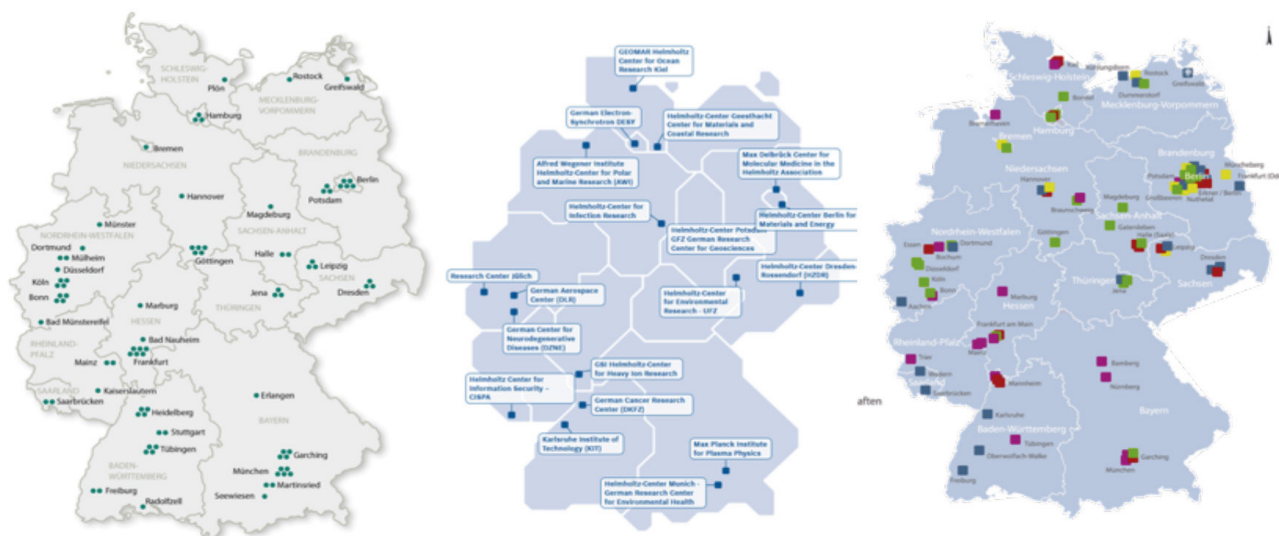
La Sociedad Leibniz se formó después de la fusión de la República Democrática Alemana con la República Federal. Existían institutos de la Academia de Ciencia de la RDA que subsistieron como entes individuales. Decidieron unirse junto con otros institutos en la RFA en el conglomerado Leibniz, lo que les permite negociar presupuesto de manera unificada y ajustar sus planes de investigación de manera conjunta. La Sociedad Leibniz reúne ahora a 88 centros de investigación.

La Sociedad Helmholtz agrupa a los que se podría llamar laboratorios nacionales, como son los centros nucleares en Karlsruhe y Jülich o los aceleradores de partículas en Hamburgo. Los laboratorios nacionales emergieron inicialmente centrados sobre todo en la física nuclear y de partículas, pero se han diversificado. El Centro Nuclear de Karlsruhe hoy se llama Centro de Investigación de Karlsruhe e investiga todos los temas, desde energías renovables hasta neurociencias. Se le fusionó con la Universidad de Karlsruhe, logrando tener de esa manera una máquina impresionante de investi-

gación e innovación. Lo mismo sucedió con el Centro Nuclear de Jülich, que se ha diversificado.

Y además de todo esto, los estados y la federación tienen algunos centros de investigación que dependen directamente de los ministerios. Hay 38 institutos federales y 160 estatales, con diversos cometidos.

FIGURA 8. DISTRIBUCIÓN DE LOS CENTROS DE INVESTIGACIÓN MPG, HELMHOLTZ Y LEIBNIZ EN ALEMANIA



La inversión privada en investigación

Alemania es uno de los países europeos con la mayor participación de la industria en el total de la inversión en investigación anual. La gráfica abajo muestra en el eje horizontal el origen de los fondos utilizados en investigación, hacia derecha tenemos a la industria, hacia la izquierda al sector público. Como se puede ver, las universidades reciben financiamiento privado, en parte, y realizan más investigación básica. Pero de la gráfica es claro que la industria, con 68.8 miles de millones de inversión anual en R&D, cubre la mayor parte del gasto en este rubro.

FIGURA 9. ORIGEN DE LOS FONDOS PARA INVESTIGACIÓN EN ALEMANIA

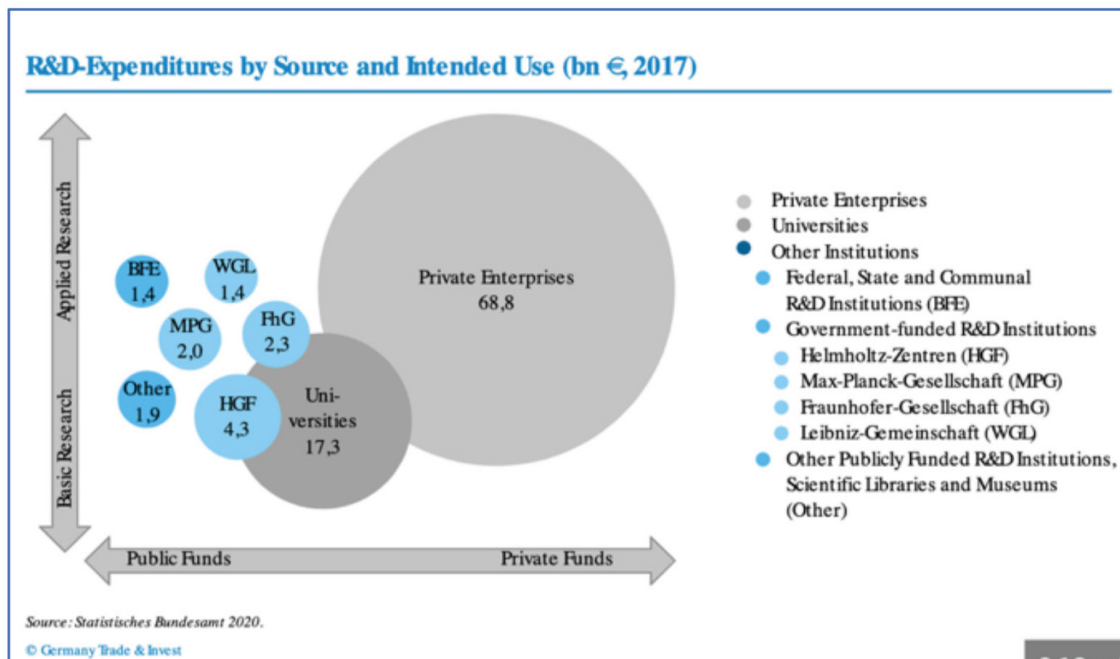
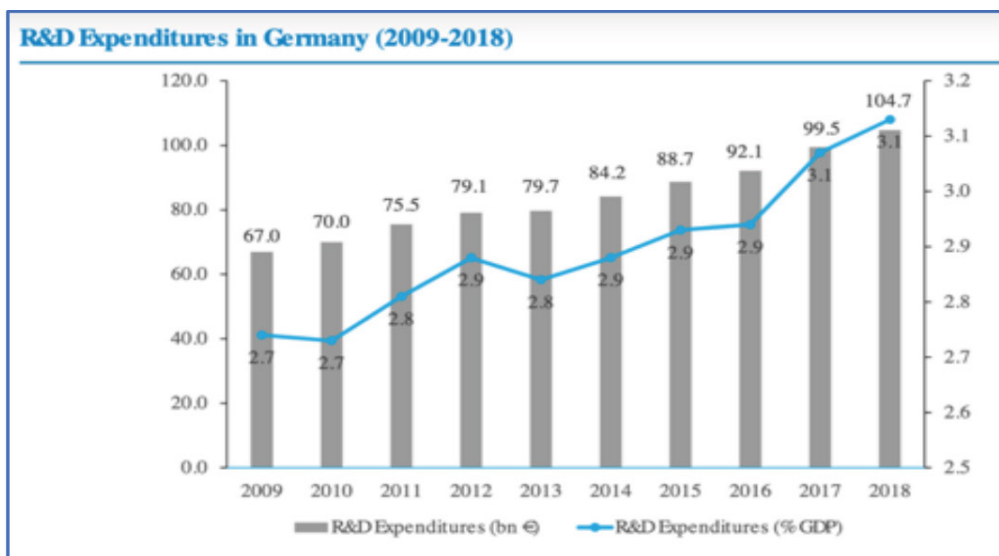


FIGURA 10. INVERSIÓN EN R&D EN ALEMANIA



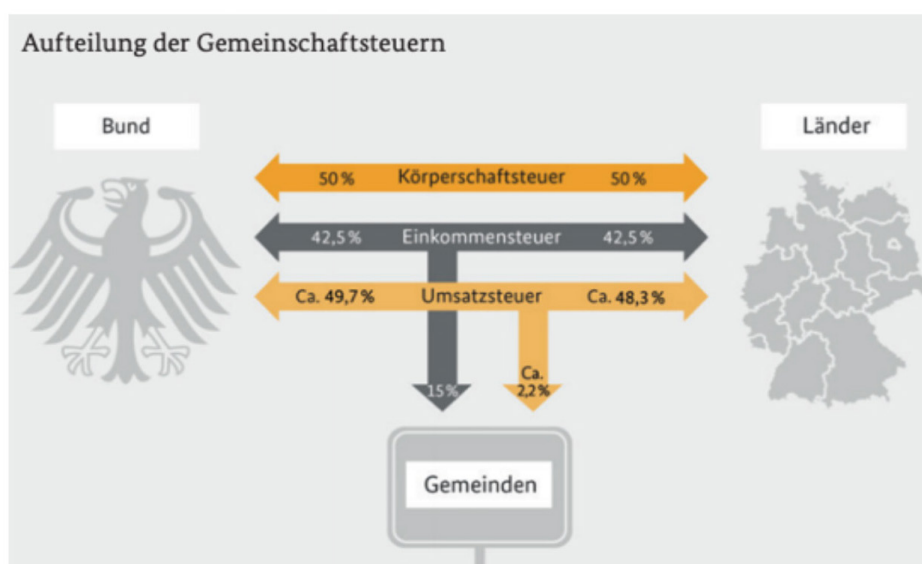
La segunda gráfica muestra el crecimiento continuo del gasto en investigación desde 2009 en Alemania, hasta alcanzar el 3.3% del PIB y 104 mil millones de euros.

Gasto federal y estatal

Queda solo tocar el punto del financiamiento del sistema de investigación. Una cuestión importante, la organización de las academias de ciencias, ya ha sido tratada en el capítulo 10.

La Figura 11 muestra lo que constituye una diferencia fundamental entre Alemania y México: el flujo de los ingresos por impuestos corresponde a una verdadera federación con división de poderes.

FIGURA 11. PACTO FISCAL EN ALEMANIA



En Alemania los impuestos se recaudan a nivel local y fluyen entonces de las comunas, a los estados, y de estos a la federación, es decir “bottom-up” y no “top-down”, como ocurre en México. Los impuestos a las empresas se reparten por la mitad entre la federación y los estados. De los impuestos sobre el ingreso la federación y los estados reciben 42.5% cada uno y las comunas el 15%. Del IVA la federación recibe el 49.7%, los estados el 48.3% y las comunas el 2.2%.

Lo que esto quiere decir es que las comunas están suficientemente financiadas para ocuparse de todos los servicios municipales y de la infraestructura urbana, que es muy moderna. Los estados, actuando en su conjunto, tienen una fuerza económica y política equiparable a la del gobierno central.

Hay además una competencia que se podría llamar “virtuosa” entre los estados por apropiarse de nichos de investigación y desarrollo. Bavaria, por ejemplo, se apropió del sector aeroespacial creando un ecosistema favorable para la instalación de ese tipo

de empresas. La Baja Sajonia ha invertido mucho en proyectos de movilidad e industria automotriz, ya que alberga a la compañía Volkswagen. Hamburgo ha concentrado desde siempre los mayores aceleradores de partículas. Berlín se ha concentrado en la industria del software y los servicios. Nada de eso sería posible si los estados tuvieran que aparecer como solicitantes ante la federación, cada vez que deciden abordar un nuevo proyecto de investigación y desarrollo.

El efecto sobre la educación pública, de esta estructura tributaria, es igualmente benéfico. El sistema educativo es muy homogéneo en todo el país. La mayor parte de las universidades son estatales.

12. Corea del Sur y la cultura de innovación



Entre los países de la OCDE, Corea del Sur es muy especial porque ha logrado que un porcentaje muy alto de la investigación nacional sea financiado por compañías. De acuerdo con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de ese país, en 2020, cerca del 73% de la inversión en investigación provino del sector privado. En España, por ejemplo, la mitad de la investigación es financiada por el Estado y la otra mitad por la industria. Así que tenemos un abanico de porcentajes en la OCDE, reflejando el mayor o menor peso de la industria privada en la investigación.

Corea del Sur apostó muy temprano por una economía de exportación. Gigantes industriales como Hyundai o Samsung comenzaron como pequeñas empresas, pero cuya producción estaba orientada al mercado mundial. En 2020, las exportaciones de Corea del Sur representaban el 42% de su producto interno bruto (PIB). Sorprende saber que, en México, con un PIB menor al de Corea del Sur, de todas maneras las exportaciones constituyen el 41% del PIB. Ese porcentaje subió de 9% en el año 1990, a 25% en el año 2000. Es evidente que el tratado de libre comercio con Estados Unidos y Canadá ha transformado al país en una economía de exportación. Lo que nos falta es convertir ese impulso en uno de innovación científica y tecnológica a todos los

niveles. Exportamos muchos autos, pero son de compañías con una casa matriz en otro país. El contenido tecnológico nacional es mínimo.

En este capítulo quisiera tematizar la cultura de innovación que es tan importante en Corea del Sur. En aquel país, el gobierno maneja una serie de programas e iniciativas que busca fomentar la creación de nuevas empresas, los llamados *startups*. Una manera de hacerlo es proporcionándoles becas y subsidios a nuevas compañías a través de la Oficina de Pequeñas y Medianas Empresas. También se les proporcionan préstamos estatales a bajo interés. En Alemania sucede algo similar. Hace años formé parte de un comité en el Ministerio de Educación y Ciencia de Alemania y evaluábamos propuestas de financiamiento de *startups*. Teníamos que evaluar el proyecto, al equipo que lo proponía (generalmente estudiantes graduados) y les otorgábamos un financiamiento que les permitía operar por un año, para que pasaran a la siguiente fase, que puede consistir en que obtengan financiamiento privado. Quizás solo 10% de los proyectos elegidos llegaban a operar más allá de un año, pero lo importante es que los que sobrevivían se convertían en nuevas fuentes de empleo. Es posible que en Corea el sistema de apoyo a *startups* obtenga resultados similares.

Algo muy importante es que en Corea del Sur el gobierno opera una red de incubadoras y aceleradoras de empresas. Esas incubadoras le proporcionan oficinas compartidas, servicios de Internet y teléfono, así como asesoría a costo muy bajo a los *startups*. En 2021 el número de incubadoras con apoyo gubernamental era de 39 en todo el país, además de las incubadoras privadas, que ya son más de 200. En México la mayor parte de las incubadoras de empresas las podemos encontrar asociadas a universidades y algunas en parques industriales. El Instituto Nacional del Emprendedor (INADEM), que debería tener una función de apoyo a nuevas empresas, desapareció en 2019 y no está claro qué funciones fueron transferidas a la llamada Unidad de Desarrollo Productivo en la Secretaría de Economía.

Además de las incubadoras, en Corea del Sur la ley favorece la instalación de nuevas empresas, limitando la burocracia y proporcionándoles incentivos fiscales a los inversionistas. Claro que invertir en *startups* es riesgoso y por eso los incentivos fiscales ayudan a canalizar inversión hacia los emprendedores.

Pero quizás lo más importante es que en las universidades coreanas, se fomenta la cultura de la innovación y esa mentalidad emprendedora. En México quizás el caso de mayor éxito es el TEC de Monterrey, que soporta varias incubadoras de empresas, que además integra en sus programas educativos.

Además de todos estos apoyos, el gobierno coreano subsidia a aquellas pequeñas empresas que quieren participar en ferias internacionales de comercio, para dar a

conocer sus productos. Lo mismo sucede en Alemania. A lo largo de los años debo haber participado en unas diez ferias internacionales, representando a mi universidad o a diversos startups. Nunca tuvimos que pagar por la participación en las ferias, solo por nuestro viaje y sustento. Esas ferias son siempre una gran oportunidad para expandir la red de contactos y para conocer inversionistas.

Corea del Sur sabe que en las áreas en las que exporta no puede reposar en sus laureles. Desde 1998 lanzó la estrategia de transitar hacia una “economía del conocimiento”, es decir, basada en la producción y exportación de productos de alta tecnología. La iniciativa tiene repercusiones muy importantes sobre lo que he llamado los tres pilares de la investigación: 1) Implica que se debe continuar mejorando la calidad de la educación y que las universidades deben transformarse en motores de progreso científico e industrial, 2) Implica también que los centros de investigación deben concentrarse en proyectos que le permitan al país mantener su liderazgo en alta tecnología, y 3) La investigación privada debe seguir propulsando la economía de exportación. Eso significa también mejorar y ampliar la infraestructura nacional. Por ejemplo, la velocidad promedio de las conexiones a Internet en todo el país es de 132 mbps, tres veces más que el promedio internacional. Se ha tendido fibra óptica por todo el país, que proporciona picos de velocidad para el usuario de 2 Gbps (con esa velocidad se pueden transmitir 250 videos con calidad de TV digital, simultáneamente). La red de celulares 5G es también de las más grandes del mundo, después de China, que ya tiene 400 millones de suscriptores en esas redes de alta velocidad. En Corea del Sur el 29% de la población ya tiene acceso a conectividad 5G.

Las economías avanzadas se distinguen también por el número de patentes que registran. En 2021, Corea del Sur registró 231,000 solicitudes de patentes, las que representan el 6.1% del total mundial. Corea es el quinto país en ese rubro, solo debajo de China, Estados Unidos, Japón y Alemania, cuatro países con poblaciones mucho mayores que los 51 millones de coreanos.

En suma: es impresionante que Corea del Sur haya comenzado destruida después de la guerra de Corea, que dividió al país, y ya sea ahora una de las economías más pujantes. En 1960, de acuerdo con el Banco Mundial, el PIB per cápita de México era de 1,098 dólares y el de Corea del Sur de 82 dólares. En 2020 el de México había aumentado a 9,480 dólares per cápita, pero el de Corea del Sur a 33,381 dólares. Eso solo se explica por la tenacidad de los coreanos, por su temprana apertura a la economía de exportación, por su énfasis en la educación y por su cultura de innovación que seguramente se plasmará en avances adicionales en la nueva fase que quieren afrontar como país, la de la economía del conocimiento.

Propuestas

- Fomentar una cultura de innovación en la educación que se imparte en México.
- Establecer en México una red de incubadoras de empresas con apoyo estatal.
- Definir modos expeditos de apoyar el establecimiento de nuevas empresas. Algunas, que fueran seleccionadas en concursos abiertos, podrían recibir un subsidio y/o préstamos a bajo interés para la etapa del despegue.
- Requerir de las empresas internacionales que se establecen en México para exportar que apoyen a *startups* relacionadas con sus actividades (a partir de un cierto volumen de ventas).

13. Ciencia ciudadana



Para que la ciencia avance en nuestro país, no hay que esperar que todas las iniciativas vengan del Estado. La población debe y puede participar en proyectos sugeridos por algunos visionarios, pero en los que puede colaborar casi cualquier voluntario.

Un ejemplo muy interesante son las redes de monitoreo ambiental. Existen sensores en las ciudades que miden el grado de contaminación por micropartículas, el ozono y el CO_2 en la atmósfera, así como la temperatura y humedad. Pero si estos sensores son instalados y mantenidos por el gobierno local, generalmente se trata de pocas instalaciones y no alcanzan para cubrir densamente una cierta región. Por eso desde hace algunos años creció mucho el interés por instalar en los hogares sensores de bajo costo conectados a una “nube” computacional, la que presenta los resultados de manera gráfica. Se puede checar cuál es la calidad del aire y si acaso una nube de contaminación está avanzando hacia la ciudad. En California, con los múltiples incendios forestales que han sufrido en los últimos años, la venta de esos sensores ha crecido mucho. Los cientos de sensores instalados por ciudadanos, que los conectan por WiFi a Internet, permiten monitorear en tiempo real el estado de la polución atmosférica, lo que puede

influir sobre las actividades diarias. Durante épocas de alta polución la Universidad de Stanford, por ejemplo, ha decidido cerrar el campus en algunas ocasiones. ¿Cuál es el costo de esos sistemas? Dependiendo del número de sensores, el precio puede oscilar entre 100 y 300 dólares, lo cual representa una inversión modesta para una familia norteamericana.

Otro ejemplo de ciencia ciudadana son los muestreos de animales y plantas que se hacen regularmente en algunos países. Existe una gran preocupación por la desaparición de algunas especies de insectos (por los pesticidas o por el cambio climático) y la mejor manera de evaluar el problema es realizando censos periódicos. Lo que se hace es diseñar alguna aplicación para teléfonos celulares con la que los participantes en el censo puedan registrar el número de insectos que encuentran durante un día, los pueden además fotografiar y, si la aplicación lo permite, la identificación de la especie se puede hacer automáticamente. Lo mismo se ha hecho para organizar censos de aves, para tener así una idea de las poblaciones de las diferentes especies y su evolución a lo largo del tiempo.

Un ejemplo notable de una iniciativa de ciencia ciudadana es la llamada “Noche de las Estrellas” que se realiza en México desde 2009. El evento de divulgación de la ciencia, que aparentemente es el de mayor relevancia en Iberoamérica, fue inspirado por un evento similar en Francia. Cada año participan cerca de 8,000 voluntarios que tutelan al público. Hasta ahora ha participado un millón y medio de mexicanos en la “Noche de las Estrellas”. Lo importante de este ejemplo, además, es que no se trata de astrónomos profesionales que imparten clases, sino de astrónomos ciudadanos que contribuyen montando sus telescopios y explicándole a sus pares ciudadanos, desde la operación del telescopio, hasta el proyecto particular que se aborda en cada edición del evento. Durante 2022 hubo 90 sedes por todo el país.

En Estados Unidos la NASA mantiene un portal de ciencia ciudadana. Con la gran cantidad de datos que son capturados por satélites y sondas, vivimos en la era del *Big Data* del espacio. Por ejemplo, para descubrir planetas en otros sistemas solares, se puede analizar la luminosidad de una estrella y si ésta fluctúa de manera periódica, esto se podría deber a que un planeta se interpone entre el telescopio y la estrella, al estar rotando alrededor de ella. El problema es que hay millones de estrellas por analizar. Los voluntarios pueden entonces utilizar el programa proporcionado por la NASA, eligen de la base de datos alguna estrella que aún no ha sido procesada y evalúan los datos. Ocasionalmente descubren un exoplaneta y lo pueden reportar a la NASA.

Otro ejemplo de ciencia ciudadana es el mapa de conexiones cerebrales que la Universidad de Princeton ha estado elaborando desde hace años. Se trata de describir

las interconexiones entre neuronas en el cerebro. Los humanos somos muy buenos para examinar imágenes de cortes cerebrales, descubrir neuronas e identificar sus contactos con otras neuronas. Los programas de procesamiento de imágenes no pueden competir aún en ese campo con voluntarios, así que se les recluta y todos ellos colaboran para mapear una cierta región del cerebro y obtener lo que se llama su “conectoma”. Los voluntarios hacen algo útil y además aprenden neurociencias.

En México tenemos algunos ejemplos notables de ciencia ciudadana. La CONABIO lista tres en su portal: un censo de aves conectado a un censo internacional operado por Universidad de Cornell, NaturaLista, que es un registro fotográfico de especies, las que son identificadas por la red de participantes (echándole montón), y un registro de especímenes en colecciones de insectos o animales en México. Desgraciadamente, la asfixia presupuestal de la CONABIO ha conducido a que las plataformas no estén actualizadas.

Un proyecto de ciencia ciudadana en el que estoy directamente involucrado consistiría en explorar de manera más precisa la contaminación ambiental producida por el volcán Popocatepetl en el valle de Puebla. Es evidente, dada la capa de polvo que todos los días se deposita en los hogares y automóviles de las zonas circundantes, que la polución por micropartículas en el aire es significativa. Un análisis de laboratorio de las cenizas del Popocatepetl encontró partículas entre 0.2 y 2.5 micras de metales como hierro, cromo, cobre, magnesio, zinc, así como diversos tipos de silicato. El Popocatepetl emite además diversos compuestos de azufre, que pueden reaccionar con el agua de la lluvia para producir lluvia ácida. A pesar de todo esto, la red de monitoreo ambiental del Estado de Puebla cuenta solo con cinco estaciones, insuficientes para toda la región. La idea entonces es adquirir los sensores necesarios en Estados Unidos, sensores que se conectan a Internet para producir un mapa de contaminación de toda la zona. Los sensores los importaría una universidad y los vendería a los voluntarios, para recuperar costos, y así lograr contar con una red ciudadana de monitoreo ambiental cerca del Popocatepetl. Algún arrojado científico ciudadano ya instaló el primer sensor de ese tipo en Puebla. En el portal de la compañía fabricante veo, al escribir esto, que ese sensor califica la calidad del aire como de semáforo “naranja”. A las 5AM el semáforo llegó al rojo, lo que muestra que no se trata de contaminación de micropartículas producidas por el tráfico o la industria, sino por el volcán. Yendo más allá en este proyecto de ciencia ciudadana habría que comparar las estadísticas de salud con las series de tiempo de contaminación.

Avanzar la ciencia en México es por eso una tarea de todos los ciudadanos. El Estado debería estimular esos esfuerzos privados. Quizás las diversas academias de ciencias,

medicina e ingeniería fueran el vehículo adecuado para coordinar esos esfuerzos y también, por qué no, financiamiento semilla.

Propuestas

- Los centros públicos de investigación en México deberían formular activamente proyectos de ciencia ciudadana y darles seguimiento.
- Se debería crear un portal de ciencia ciudadana para agrupar y coordinar los proyectos.

14. Conclusiones

Resta poco por decir en este tramo final. Las ideas más importantes ya han sido expuestas. En primer lugar, la noción de que la investigación científica descansa sobre tres pilares: la educación, los centros públicos de investigación y la investigación privada, esas tres columnas descansando en un pacto fiscal justo para la federación, los estados y los municipios. Hemos investigado dos casos de éxito: la arquitectura del sistema científico alemán y la cultura de innovación tan presente en Corea del Sur.

México es ya un gigante en cuanto exportaciones. Como mencionamos más arriba, las exportaciones de Corea del Sur representan 42% de su PIB mientras que para México ese número es 41%. Pero en cuanto a investigación científica, México es un enano. Invierte menos del 0.3% del PIB en investigación, mientras que Corea del Sur invierte hasta el 4.5% del mismo para poder afrontar los retos de la economía del conocimiento en el nuevo siglo.

Reorganizar el sistema científico nacional requiere reconocer que esto no puede suceder con proyectos parciales y de corto plazo. Rara vez se ha actuado de manera transversal, con respecto al conjunto de la economía, y de manera transexenal.

Los diversos capítulos de este ensayo han tratado las diferentes facetas de la arquitectura de la ciencia. En Europa hay una gran tradición de investigación científica y podemos aprender de ellos cómo se estructura un sistema de investigación potente organizado alrededor de centros públicos y privados de investigación, laboratorios nacionales, educación de gran calidad y academias de la ciencia. He mencionado el caso de Francia y España, para motivar algunas propuestas, pero sobre todo el caso de Alemania, un país que conozco muy bien.

Las propuestas que aquí se hacen son de tipo macroeconómico, habría que aterrizarlas ya con todos los detalles micro para lograr un verdadero auge de la investigación científica en México. Muchas de mis propuestas se han encontrado con el escepticismo de colegas, que me dicen “en México no se puede”. Yo, por el contrario, creo que si se puede y espero que este ensayo catalice la discusión necesaria acerca de las propuestas mencionadas.



*Caminante, son tus huellas
el camino y nada más;
Caminante, no hay camino,
se hace camino al andar*

Antonio Machado