

La crisis del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) venezolano y la situación de las ingenierías

The crisis of Venezuelan National System of Science, Technology and Innovation (NSSTI) and the engineering' capabilities situation

CERVILLA, María A.¹

MERCADO, Alexis²

SÁNCHEZ-ROSE, Isabelle³

FERRARA, Griselda⁴

CILENTO, Ninoska⁵

ESPOSITO, Concetta⁶

Resumen

En la primera parte, se describen algunas de las causas que han dado lugar a una profunda desestructuración del SNCTI venezolano, viéndose tremendamente afectadas las capacidades nacionales de ingeniería en las universidades y en la industria y servicios. Luego, se presentan los resultados de la consulta realizada a empresas y universidades, los cuales permiten tener una primera visión sobre el sistema, mostrando la necesidad de plantear cambios significativos en la formación, la I+D+i y la práctica profesional de las ingenierías.

Palabras clave: Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, Instituciones de Educación Superior, capacidades de ingeniería, diáspora de ingenieros, desaprendizaje tecnológico.

Abstract

In the first part, some of the causes that have led to a profound destructuring of the Venezuelan SNCTI are described, with national engineering capacities in the universities and in industry and services being tremendously affected. Then, the results of the consultation with companies and universities are presented, which allow having a first vision of the system, showing the need to propose significant changes in training, R&D&i and the professional practice of engineering.

Key words: National System of Science, Technology and Innovation, Higher Education Institutions, engineering skills, diaspora of engineers, technological unlearning.

¹ Departamento de Ciencias Económicas y Administrativas, Universidad Simón Bolívar, Venezuela. mcervilla@usb.ve

² Centro de Estudios del Desarrollo, Universidad Central de Venezuela. alexisms60@gmail.com

³ Centro de Estudios del Desarrollo, Universidad Central de Venezuela. abulafia2@gmail.com

⁴ Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat. griferrara1941@gmail.com

⁵ VEPICA, Venezuela. ninoska.cilento@vepica.com

⁶ Decanato de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, Venezuela. concettaesposito@gmail.com

1. Introducción

Al revisar la actividad productiva y de los servicios de un país, la atención se concentra, general y justificadamente, en los indicadores socioeconómicos; por ejemplo, ¿cuánto varió la producción y el consumo?, ¿cuál fue el impacto en el nivel y la calidad de vida de la población?, etcétera. Así, tienden a verse las consecuencias y las causas que sobre estas variables tienen las acciones generadas en el ámbito político (de la *politics*) que, al final, son determinantes de primer orden. Pero, pocas veces se analizan los elementos estructurales que condicionan y determinan el funcionamiento de los sistemas en el largo plazo. Es inusual que se priorice el análisis de las políticas (*policies*) destinadas a impulsar capacidades científicas y tecnológicas que constituyen factores fundamentales para el desarrollo integral de un país. De modo similar, en situaciones de crisis, se tiende a ver en primer lugar las consecuencias sobre los indicadores económicos y sociales, siendo los impactos sobre las capacidades científicas y tecnológicas preocupaciones de segundo orden. Y, dentro de estas, en países de menor desarrollo como Venezuela se tiende a concentrar más la atención en las capacidades de investigación y en las comunidades científicas que en el desarrollo tecnológico, vale decir en las capacidades en las ingenierías.

El presente artículo tiene por objeto presentar los resultados de un diagnóstico realizado en el marco del proyecto: “Recuperación de la formación y la investigación y desarrollo en las ingenierías para afrontar la crisis y las transformaciones tecnológicas disruptivas”, cuyo propósito fue proponer políticas y estrategias institucionales para recuperar e impulsar capacidades de formación y de I+D+i de las ingenierías en las IES venezolanas.

En la primera parte se analizan brevemente algunas de las causas que han dado lugar a una profunda desestructuración del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI), reflejadas en el desmantelamiento de las capacidades de docencia e investigación en las Instituciones de Educación Superior (IES) venezolanas, y la pérdida de capacidades tecnológicas en la industria y los servicios.

A continuación, se presentan temas prioritarios sobre los que deben pensarse acciones específicas a objeto de avanzar en la recuperación y transformación de las capacidades de la ingeniería en Venezuela, cuya línea base actual es muy precaria, por lo cual resulta inevitable plantearse cuáles son las áreas que deben priorizarse en el impulso de la recuperación, contando apenas con las menguadas capacidades existentes.

En el acápite siguiente se presentan los resultados de una consulta a expertos y actores relevantes que permiten tener una primera visión sobre la situación de la industria y los servicios, así como de sus demandas y requerimientos a las IES.

Finalmente, se reflexiona sobre la necesidad de repensar y plantear cambios significativos, tanto en el contenido como en la forma, de la formación, la I+D+i y la práctica profesional de las ingenierías.

2. El SNCTI venezolano y la pérdida de capacidades en ingeniería

Según la definición de la OCDE, un SNCTI está constituido por una red de Instituciones, de los sectores públicos y privados, cuyas actividades establecen, importan, modifican y divulgan nuevas tecnologías (Lafuente y Genatios, 2004).

El SNCTI venezolano de hace dos décadas fue catalogado de limitado (Rincón, 2009), por cuanto fue insuficiente en la creación de espacios institucionales para el desarrollo tecnológico que estimularan las capacidades en la estructura productiva. Ello fue atribuido, entre otras causas, al enfoque ofertista adoptado en los inicios de la

política científica y tecnológica (Mercado, Testa, Rengifo, Gómez y Patruyo, 1999). Si bien se destacó la necesidad de estimular la creación de espacios institucionales para el desarrollo tecnológico que pudieran dar un soporte de conocimiento al desarrollo industrial, no fue más allá de lo declarativo (Antonorsi y Avalos, 1981). No obstante, se identificaron como aspectos positivos la creación de una «masa crítica» para el desarrollo de capacidades científicas, con la consolidación de una estructura interesante de formación e investigación científica con alcance nacional (Lafuente y Genatios, 2004).

En la actualidad, se observa una profunda desestructuración del sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación, con la pérdida de capacidades de docencia e investigación en las universidades venezolanas, viéndose tremendamente afectadas las capacidades nacionales de ingeniería tanto en las instituciones de educación superior (IES) como en la industria y servicios, cuyas causas se abordarán, brevemente, a continuación.

2.1. La masa crítica de I+D+i

La masa crítica (cantidad mínima de personas dedicadas a una actividad) es fundamental para el desarrollo de capacidades científicas y tecnológicas de un país. En Venezuela, históricamente el número de investigadores ha sido bajo, sin alcanzar el mínimo necesario fijado por la UNESCO de 1 investigador por cada 1.000 habitantes, lo que significaría contar con, al menos, unos 30.000 investigadores y tecnólogos (Avalos y Mercado, 2019). Las últimas cifras oficiales disponibles del Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (ONCTI) para 2015 daban cuenta de un total de 13.233 personas postuladas en sus programas de apoyo a la investigación, de las cuales 10.824 habían sido acreditadas (ONCTI, 2017). Considerando, incluso como válida la cifra total de postulados se tendría un déficit de unos 17.000 investigadores. Si se consideran los criterios establecidos en los reglamentos del anterior Programa de Promoción al Investigador (PPI) el número se reduciría a 6.830 (Requena y Caputo, 2016). Para fines de 2018, 1.670 investigadores (13 %) habían emigrado, empeorando la situación e incrementando el déficit a más de 25.000 investigadores.

Las consecuencias en la producción científica para el país han sido devastadoras. Un indicador de ello es la caída pronunciada (-31,3 %) en el número de publicaciones registradas en el *Science Citation Index* para el período 2009-2017, en contracorriente a lo que ha sucedido en el resto de los países latinoamericanos que, en su mayoría, experimentaron aumentos en su producción científica, como, por ejemplo, Ecuador (324,0 %) y Colombia (130,5 %) (RICYT, 2017).

Por otra parte, comparando el número de investigadores, indicador fundamental de capacidad científica y tecnológica, de Venezuela con los de países como Corea del Sur y Brasil, puede visualizarse la magnitud del déficit de investigadores, y el desafío que significa su recuperación, pudiendo identificarse también factores más estructurales determinantes de las diferencias en el avance tecnológico y científico y sus implicaciones en el desarrollo social y económico-productivo. Corea del Sur es un caso paradigmático de desarrollo científico y tecnológico impulsado por sólidas políticas públicas; son extraordinarios los avances, considerando que su Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) comenzó a conformarse hace poco más de seis décadas. Por su parte, Brasil presenta una trayectoria más amplia de conformación de capacidades científicas, incluso, la conformación de la institucionalidad de la política científica y tecnológica (PCT) se inicia en 1950 con la creación del Consejo Nacional de Investigaciones (CNPq, siglas en portugués). En Venezuela, los primeros esfuerzos de institucionalización de la PCT datan de 1968 con la creación del CONICIT, aunque existían algunos esfuerzos por crear la institucionalidad de la ciencia, incluso antes que en Corea, siendo notable el esfuerzo y el interés por el desarrollo de capacidades científicas de los pocos investigadores existentes en el país para 1950,

que se tradujo en la creación de la Asociación Venezolana para el Avance de la Ciencia - ASOVAC (Mercado, Testa, Vessuri y Sánchez, 2002).

De la revisión de datos sobre personal dedicado a la I+D, en estos tres países, se destaca la notable diferencia en el total de Corea del Sur respecto a Venezuela, e incluso a Brasil, contando en 2014 algo más de 437.000 investigadores (7,2 por cada 1.000 habitantes). Venezuela en 2015, aceptando cifras oficiales, contaba con 9.978 investigadores acreditados (0,3 por cada 1.000 habitantes) una proporción veintiséis veces menor, en tanto que en Brasil para 2010 tenía 149.000 investigadores (0,8 por 1.000 habitantes), casi diez veces menos que Corea del Sur (CNPq, 2016; ONCTI, 2017; STEPI, 2016).

Durante la primera década de este siglo, tanto en Corea del Sur como en Brasil, hubo un incremento significativo de investigadores. En Corea, entre 2000 y 2014, el número de investigadores se incrementó 3,5 veces, en tanto que en Brasil casi se duplicó entre 2000 y 2010 (1,6 veces). Aun cuando se evidencian diferencias importantes, ambos casos muestran el interés prestado al desarrollo de estas capacidades durante este período. En Venezuela el número de investigadores se incrementó entre los años 2000 y 2005, pasando de 4.343 investigadores en el año 2000 a 6.999 en 2005, pero este comportamiento se revirtió notablemente en la década siguiente, viéndose agravada la situación por el hecho de que una parte importante del personal que emigró, o bien se encontraba en pleno desarrollo de su carrera profesional, o poseía una amplia trayectoria, liderando varios de ellos grupos de investigación (ONCTI, 2017). Pero tan importante como las diferencias en el número de investigadores, lo es su distribución en las diferentes áreas de conocimiento. Para el año 2014, en Corea, poco más de dos tercios (68,2 %) del total de investigadores (298.436), se desempeñan en el área de ingeniería y tecnología, cifra aproximadamente dieciséis veces mayor que la de Brasil para la fecha, cuyo porcentaje de personas en esta área constituía el 12,4 % del total de investigadores (18.453). Para el año 2015, en Venezuela el número de investigadores en ingeniería y tecnología era de 950, constituyendo menos del 10 % de los acreditados en el Programa de Estímulo a la Investigación y la innovación del ONCTI. Esto representa apenas el 0,3 % de los investigadores de Corea del Sur en esta área (CNPq 2016; ONCTI 2017).

En Corea del Sur buena parte del personal de I+D+i se ubica en una importante red de institutos que trabajan estrechamente con empresas nacionales e internacionales, siendo capaz de crear una estructura en la que se produce tanto conocimiento básico como tecnológico. Los centros de I+D+i interactúan con las empresas para producir y transferir conocimiento de base que le permita a estas últimas desarrollar sus capacidades tecnológicas. En paralelo, interactúan con los centros de investigación científica a objeto de nutrirse de nuevo conocimiento. Es por esta razón que se ha destacado como un caso muy exitoso de políticas ofertistas amplias, a diferencia de Venezuela y de otros países de similar desarrollo, que se concentraron en fortalecer fundamentalmente capacidades de investigación científica, descrito esto como un modelo ofertista limitado (Mercado, Testa, Rengifo, Gómez y Patruyo, 1999). En la última década, Corea también ha prestado respaldo a la investigación básica a objeto de mantenerse en la frontera del conocimiento científico y consolidar su liderazgo en tecnologías disruptivas; como consecuencia, el número de investigadores en Ciencias Naturales y Exactas se incrementó en un valor cercano al 130 %. En el caso de Brasil se evidencia mayor apoyo a esta actividad que a las actividades de ingeniería y tecnología (CNPq 2016; ONCTI 2017). Cabe destacar que la productividad en estas áreas, medidas por el número de publicaciones científicas, no difiere mucho entre ambos países. De hecho, entre 2011 y 2016, a nivel global ocuparon las posiciones 12 y 13 respectivamente (Clarivate Analytics, 2017).

En Venezuela, la participación porcentual de investigadores en ciencias básicas era similar a la de Brasil, aunque en términos absolutos unas doce veces menor. Además, esta área ha experimentado una importante disminución de producción científica. En la base de datos bibliográficas SCOPUS, se pasó de 807 publicaciones

en 2009 a 564 en 2017, lo cual representa una merma de treinta % (RICYT, 2018). Un análisis demográfico reciente realizado por Requena (2022) revela que “el sistema venezolano de ciencia y tecnología cuenta con un recurso humano cada vez más envejecido y que son más los que abandonan la profesión que quienes ingresan a ella; un 18 % de la comunidad ha dejado el país, siendo ellos responsables de la producción del 34 % de las publicaciones hechas desde Venezuela” (Requena, 2022: 1).

2.2. La pérdida de capacidades en ingeniería de las IES venezolanas

Durante la última década, en el país ha tenido lugar un desmantelamiento de las capacidades de docencia e investigación en las IES venezolanas, en particular en las universidades públicas. Por ejemplo, para 2017 la Universidad Central de Venezuela (UCV) había perdido un tercio de su base profesoral con respecto a 2010, pasando de 5.800 a 4.300 personas, situación que se ha agravado notablemente en los últimos años (Fermín Kancev, 2018). Para el primer trimestre de 2019, el presidente de la Asociación de Profesores de la UCV señalaba que de 10.000 profesores, el cincuenta % de la planta docente ordinaria de la educación superior había emigrado (Alvarenga, 2019). A finales del año 2019, la Coordinación de Investigación de la Facultad de Ingeniería destacaba que en sus nueve escuelas y cuatro centros de investigación se había registrado una merma importante del personal: un tercio de los profesores, la mayoría con una situación de carrera académica intermedia, renunció y un porcentaje algo menor se jubiló, por lo que la descapitalización de la planta de docencia-investigación superaba el 55 %. Como consecuencia, la investigación y la docencia de la Facultad se ha venido soportando en un grupo reducido de profesores que en su mayoría ya tiene el tiempo acumulado para solicitar su jubilación (Ávalos y Mercado, 2019).

Una situación similar se ha vivido en la Universidad Simón Bolívar (USB), institución de educación superior con fuerte énfasis en la investigación científica y tecnológica y cuya oferta académica está orientada principalmente, aunque no únicamente, a las carreras en el campo de la ingeniería y la tecnología. Así, entre 2008 y 2018 se registró un total de 868 renuncias de docentes, cifra superior a la nómina que en 2018 era de apenas 604 profesores, registrando una merma de 49 % con respecto a 2001, cuando contaba con 1.180 profesores. Para cubrir las necesidades de docencia se incrementó notablemente la figura del profesor contratado, perdiéndose la figura del profesor denominado personal “ordinario”, el cual además de docencia lleva a cabo actividades de investigación y extensión, que disminuyó 27 % entre los años 2013 y 2017. El funcionamiento de los laboratorios y sus actividades de investigación también se han visto seriamente afectados por numerosas renuncias y jubilaciones en todos los niveles del personal y por las dificultades para conseguir financiamiento (Salomón, 2018; USB, 2018).

En el caso de la Universidad de Los Andes (ULA), en 2018 el Rector Mario Bonucci informaba que la renuncia de profesores-investigadores era menor que en otras universidades nacionales, ubicándose en alrededor del 10 % de la nómina profesoral, en su mayoría profesionales con carrera académica intermedia y estudios de cuarto nivel, siendo la Facultad de Ingeniería la más afectada (32 % del total), seguida de Arquitectura y Diseño (18 %). Pero en los últimos años se aceleró significativamente, debido a la notable desmejora de las condiciones socioeconómicas de los profesores y al deterioro extraordinario de los servicios en la región, siendo una de las áreas más críticas el Departamento de Ingeniería de Sistemas, en el que once de los catorce profesores que constituían la base profesoral en 2014 habían renunciado para el año 2021. Aunque se han reincorporado tres profesores jubilados que colaboran en la docencia de pregrado, al día de hoy, el postgrado está paralizado. Para

inicios de 2021 la planta profesoral en la ULA ascendía a 2.321 personas, una merma de 16 % respecto a 2001 cuando estaba conformada por 2.734 personas (Mercado, Ávalos, Sánchez, Cervilla, López y Vessuri, 2020).

Aunado a esta pérdida de talento, los aportes financieros otorgados por el Estado a las IES se han reducido continuamente en la última década, situación que se agravó a partir de 2015. Entre ese año y 2020 los déficits crecieron significativamente, aumentando a un 97,8 % en los casos de la Universidad de los Andes y Universidad del Zulia (LUZ), y 90,2 en el caso de la Universidad central de Venezuela (UCV). En la Universidad de Oriente (UDO) alcanzó a 89,2 % en el 2019, generando, aparte de la disminución del personal, la desaparición de programas de becas, cierre de postgrados, deterioro y obsolescencia de instalaciones y equipos, desmejora de los servicios estudiantiles, factores que, al final, se traducen en una pérdida importante de capacidades de investigación y de la posibilidad de ofrecer formación académica de calidad (Aula Abierta, 2021). Las actividades de I+D también han disminuido en forma significativa en la IES, porque, además de las condiciones deplorables en las que se encuentra la infraestructura, no existe financiamiento por parte de los entes del Estado destinados para ello (Mercado, Ávalos, Sánchez, Cervilla, López y Vessuri, 2020).

La situación empeoró en los dos últimos años a tal punto que ya ni siquiera se puede hablar de déficit (si nos ajustamos a una de sus definiciones: cantidad que falta a los ingresos para que se equilibren con los gastos), pues se está ante una asfixia presupuestaria que alcanza una media del 95 % en las citadas instituciones, condenándolas literalmente a su paralización (Aula Abierta, 2021).

2.3. La pérdida de capacidades en ingeniería y tecnología de la industria y servicios

Como consecuencia del paro petrolero en diciembre de 2002, Petróleos de Venezuela (PDVSA) despidió 18.000 trabajadores de su nómina de 40.000. Estos trabajadores despedidos eran mayoritariamente de alto nivel, significando una pérdida de conocimientos producto de formación y acumulación de experiencia de los mismos (Lander, 2004). A partir de ese momento, PDVSA inicia una ampliación desproporcionada de la nómina, alcanzando 154.000 trabajadores en el año 2014, afirmándose que ese proceso conllevó a una desprofesionalización en la industria petrolera. Adicionalmente, cuando se inició la expropiación de las empresas de servicio conexas a PDVSA, en 2007, se incorporó personal sin experiencia en el campo petrolero, proceso que comienza a revertirse en 2014, cuando muchos trabajadores comienzan a abandonar la industria, y para el año 2018, la nómina se había reducido a cincuenta y cuatro mil trabajadores, siendo las áreas operativas las más afectadas. (Díaz, 2018).

En las industrias básicas, la caída abismal de los salarios y la paralización de la producción ha causado una fuga de trabajadores muy grande. Aunque no se poseen cifras precisas del número de ingenieros que han abandonado las empresas, fuentes consultadas del Colegio de Ingenieros de Venezuela (CIV) estiman que más de 80 % de estos profesionales ha abandonado las empresas (CIV, 2019).

Las empresas del sector privado también se han visto severamente afectadas. Al finalizar el primer semestre de 2018, el 38 % de las empresas había perdido entre el 20 y el 30 % de sus nóminas, siendo las más afectadas las pequeñas empresas, entre 40 y 50 % de su nómina, y las medianas, entre 30 y 40 % (Bolívar, 2018).

El problema tiende a ser particularmente grave en el estrato del personal especializado. En la encuesta de Coyuntura de CONINDUSTRIA del segundo trimestre de 2020, se reporta que, solo en el segundo semestre de 2019, 86 % de las empresas consultadas reportaron pérdida de personal altamente calificado, 49 % de ellas en porcentajes superiores al 10 %. Pero, más aún, casi un tercio de las empresas, perdió un quinto de su personal calificado en apenas tres meses.

En los servicios, la situación se presenta igual de compleja. Un exgerente del sector público en el área de comunicaciones informó que entre 2014 y 2018 la merma de personal técnico en la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL) fue superior a 50 %, en tanto que en las telefónicas CANTV y Movilnet superó el 45 %; la mayoría de estos eran ingenieros. En el sector eléctrico el deterioro es aún mayor: cifras estimadas indicaban que para octubre de 2018, algo más de 40 % de los cincuenta mil trabajadores con los que contaba la empresa había dejado la Corporación Eléctrica Nacional (CORPOELEC); la mayoría de ellos profesionales de la ingeniería eléctrica, ingenieros y/o técnicos que en gran proporción se marcharon al exterior (Díaz, 2018). Esta situación se tornaba más compleja en el occidente del país, justamente donde se presentan los mayores problemas con el servicio. De acuerdo a las fuentes, el éxodo masivo comenzó en 2016, estimándose que para mediados de 2018 había dejado la filial de la región Occidente el 70 % del personal calificado (Avalos y Mercado, 2019).

Ante esta situación, puede afirmarse que la descapitalización de los recursos humanos de alta calificación será probablemente el mayor obstáculo que se tendrá que afrontar para avanzar en una recuperación expedita de la actividad productiva y de servicios en el país.

2.4. La diáspora de ingenieros y el desaprendizaje tecnológico

Si bien no se dispone de cifras oficiales, se presentan algunos datos generales que tienen como fuentes artículos de prensa, artículos académicos, entrevistas e información suministrada por investigadores del tema que, no obstante, permiten mostrar la magnitud de la pérdida de conocimiento que ha tenido lugar en el país como consecuencia de la migración de profesionales durante la última década.

Para Lafuente y Genatios (2021), el fenómeno migratorio venezolano constituye uno de los éxodos más grandes de la historia reciente, señalando que veinte % de la población ha salido del país: a principios de 2021 se contaban más de cinco millones de migrantes, refugiados y solicitantes de asilo, la cuarta parte de ellos profesionales universitarios. De acuerdo a otro estudio, para 2018, casi dos millones ochocientos mil venezolanos residían en Argentina, Colombia, Chile, Perú, España y los Estados Unidos, de los cuales cerca de 40 % (más de 1.060.000) eran profesionales (Ávalos y Mercado, 2019).

De las personas con altos niveles de educación formal que han emigrado, un porcentaje importante son ingenieros. Según el presidente del Colegio de Ingenieros de Venezuela, Enzo Betancourt, más de cincuenta mil ingenieros y arquitectos abandonaron el país entre 2013 y 2018 (CIV, 2019). Los factores son diversos, pero destaca la caída de la actividad económica que ha generado una pérdida muy importante de las fuentes de empleo de estos profesionales.

En el caso de la industria, los sectores básicos han resultado los más afectados. Al menos 80 % de los ingenieros que trabajaban en las empresas de la Corporación Venezolana de Guayana o bien renunciaron o bien abandonaron sus cargos, muchos de ellos para marcharse al exterior. El caso de la industria petrolera es notable. Más de un 40 % del personal despedido por el paro petrolero, eran ingenieros. Se estima que fueron alrededor de nueve mil, muchos de los cuales migraron para trabajar, principalmente, en las industrias petroleras de Canadá, Oriente Medio y Colombia. En este último país, en 2011 se estimaba en más de un millar el número de técnicos venezolanos trabajando en esta industria, siendo responsables directos por el aumento de la producción petrolera (Peinado, 2011). En la actualidad, aunque no se dispone de información precisa, la ONG Transparencia Venezuela reporta que, entre 2016 y 2018, renunció un número importante de personal capacitado de PDVSA para ir a trabajar en otros países petroleros o gasíferos (Guevara y González, 2018).

Considerando esta situación, es de suponer que la cantidad de ingenieros que ha emigrado entre 2013 y 2018 supera con creces la cifra señalada por el presidente del CIV. Sólo en el primer semestre de 2018 emigraron con la intención de trabajar en el exterior, cerca de 1.000 ingenieros inscritos en el CIV hacia 24 países. Los países suramericanos representan los destinos principales, destacando el caso de Chile donde emigraron 386 profesionales, siguiéndole Perú con 178, Argentina, con 155 y Colombia con 100. A lo anterior hay que agregar que muchos de los jóvenes que se gradúan de ingenieros abandonan el país sin haber tenido alguna experiencia laboral. Una estimación por rango de tiempo de graduado de los ingenieros que han emigrado revela que el 80 % del total son jóvenes egresados en los últimos seis años, con una edad ubicada entre los 24 y 30 años, indicativa de que el país está perdiendo las generaciones de relevo en ingeniería (CIV, 2018).

Una de las consecuencias más graves y directas del fenómeno anteriormente descrito sobre la industria y los servicios es la desestructuración de las capacidades productivas y el consecuente desaprendizaje tecnológico – entendido como pérdida de conocimientos sin que haya una intención explícita de eliminarlo por parte de la organización (Quintero y otros, 2015) –, que ha acabado con importantes capacidades tecnológicas construidas a lo largo de al menos cinco décadas (Ávalos y Mercado, 2019).

Paradójicamente, esta importante masa de profesionales ha contribuido a fortalecer las capacidades tecnológicas y productivas de otros países, cubriendo demandas insatisfechas en diversas áreas, algunas estratégicas. Se cita el caso de Argentina, donde, por ejemplo, existía un déficit de profesionales de ingenieros industriales en las regiones de Neuquén y Buenos Aires. En ingeniería mecánica, petróleo y química en la industria petrolera en el sur del país (Rio Gallegos y Neuquén) y en ingeniería de sistemas e informática en general, con una procura alta de programadores/desarrolladores de aplicaciones. Al revisar la composición de los ingenieros venezolanos ya radicados en ese país se encontró que los mayores porcentajes correspondían a las áreas de mecánica, mantenimiento, civil y de la construcción civil, industrial, petróleo, química e ingeniería y licenciatura en informática y similares (OIM, 2019).

Para concluir, por una parte, las empresas en manos del Estado presentan un nivel tan grande de deterioro y una pérdida de recursos humanos tal que su recuperación demandará grandes esfuerzos, lo cual aunado a la situación en el sector privado, en el que gran número de empresas cerró, conllevando a una pérdida inestimable de acervos tecnológicos hace evidente la necesidad de recuperar las capacidades en todas las áreas de conocimiento, teniendo como prioridades aquellas que contribuyan a recuperar y transformar las capacidades de la ingeniería en Venezuela.

3. Recuperar y transformar las ingenierías en Venezuela

La situación descrita plantea la necesidad de emprender acciones inmediatas para revertir esta precarización y transformar las ingenierías, sobre todo, tomando en cuenta los vertiginosos cambios tecnológicos que se experimentan globalmente, que dan cauce a la cuarta revolución industrial (4i), que están transformando radicalmente sectores industriales y servicios, muy notable en el caso de las industrias energéticas, que han sido el pilar fundamental de la economía venezolana.

La gran pérdida de profesionales en todos los ámbitos compromete seriamente el funcionamiento mismo de la sociedad para garantizar los niveles mínimos de bienestar a la población venezolana. En el caso de la industria y los servicios, la merma de capacidades de la ingeniería compromete seriamente las posibilidades de garantizar siquiera el funcionamiento en muchas actividades, mucho menos las de avanzar en una sólida recuperación que considere las transformaciones necesarias para afrontar los desafíos sociotécnicos actuales. En tal sentido, es

imperativo identificar qué temas deben priorizarse en el impulso de la recuperación, contando apenas con las menguadas capacidades existentes.

En el desarrollo del proyecto, se identificaron cuatro grandes temas, uno local y de muy corto plazo, y tres globales cuyo abordaje requiere de una perspectiva de mediano plazo, los cuales son desarrollados ampliamente en otro artículo en este número (Vol. 43(06)2022):

- La recuperación de la industria y los servicios.
- Las tecnologías convergentes.
- La cuarta revolución industrial (4i).
- La degradación socioambiental, el cambio climático y la exclusión social.

Evidentemente, el abordaje de estos temas demanda enfoques multidisciplinarios, un importante desafío si se toma en cuenta que en el caso de las IES venezolanas persisten concepciones disciplinarias estancas, poco dadas al establecimiento de esfuerzos colaborativos. Por ejemplo: las tecnologías inciden transversalmente sobre los diversos ámbitos de la industria y los servicios, potenciando la cuarta revolución industrial a la vez que son fundamentales para el abordaje de los graves problemas de degradación socioambiental (cambio climático, exclusión social). Pero, además, en el corto plazo pueden contribuir a la recuperación de la industria y los servicios mediante la incorporación de algunas tecnologías disruptivas de las TICs.

Responder a los desafíos planteados por estos grandes temas, requerirá de nuevas formas de concebir la formación, el desarrollo tecnológico y la práctica profesional de las ingenierías, temas abordados en el proyecto. Esto, conjuntamente con un análisis de la situación que confrontan la oferta (las IES), y la demanda (la industria y los servicios), constituyen el sustrato para pensar y diseñar acciones para la recuperación y transformación de la ingeniería venezolana. A continuación, se presentan los resultados del diagnóstico realizado en ambos sectores.

3.1. El proyecto: Recuperación de la formación y la investigación y desarrollo en las ingenierías para afrontar la crisis y las transformaciones tecnológicas disruptivas

El objetivo del proyecto es proponer políticas y estrategias institucionales para recuperar e impulsar capacidades de formación y de investigación y desarrollo de las ingenierías en las IES venezolanas, con pertinencia para contribuir a la recuperación de la industria y los servicios del país y afrontar las transformaciones tecnológicas inherentes al despliegue de la cuarta revolución industrial con una perspectiva de sustentabilidad.

Este proyecto se formuló para, partiendo de diagnósticos tanto de la oferta (IES) como de la demanda (industria y servicios) de conocimientos, proponer políticas y estrategias institucionales que contribuyan a la recuperación y transformación de esta disciplina, que resultan fundamentales para incrementar las capacidades tecnológicas del SNCTI con la pertinencia de contribuir a la superación de la crisis del país y afrontar los desafíos globales citados.

Las soluciones deben apuntar hacia la recuperación y desarrollo de capacidades tecnológicas de todo el SNCTI, construyendo sinergias para la recuperación de la totalidad. De allí que se acordase proponer un ejercicio dirigido a identificar, a través de la consulta a profesores y a personal clave de la industria y los servicios, acciones efectivas y pertinentes que permitan avanzar en la recuperación de capacidades de formación e investigación y desarrollo de las facultades de ingeniería, así como contribuir a la resolución de la crisis y acompañar las transformaciones tecnológicas disruptivas.

En torno a esta idea inicial se comenzó un proceso de consulta en la UCV, captando luego el interés de otras instituciones que se sumaron a la iniciativa. Como resultado se amplió el equipo de trabajo con la incorporación de investigadores y profesionales del Centro de Estudio de la Ciencia del Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, el Centro de Gestión de la Tecnología y la Innovación de la Universidad Simón Bolívar, el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la UCV y de la Fundación Instituto de Ingeniería. En consecuencia, se reestimó el alcance de la actividad, procurando pensar en acciones que contribuyeran a la recuperación y la transformación de las capacidades de formación e investigación y desarrollo de las ingenierías en las Instituciones de Educación Superior del país. Se contactaron, además, gremios profesionales (Colegio de Ingenieros de Venezuela, Academia Nacional de Ingeniería y Hábitat) y empresariales (Cámara Venezolana de la Industria de los Alimentos y la Cámara Venezolana de Empresas de Consultoría), los cuales se mostraron dispuestos a apoyar la iniciativa.

Cabe resaltar que la participación de diversidad de instituciones y profesionales de varias disciplinas procura dar respuestas a las significativas transformaciones que está experimentando la disciplina, ajustadas al “modo 2” de producción de conocimiento que se caracteriza por ser transdisciplinario, producido en un contexto de aplicación y en respuesta a problemas concretos de la sociedad (Gibbons, Limoges, Nowotny, Schwartzman, Scott y Trow, 1997).

El proyecto se formuló, entonces, a partir de las consultas a todos los actores, cuya propuesta metodológica incluyó el desarrollo de instrumentos de recolección de información aplicados a miembros de la industria, la academia y los servicios cuyos resultados generales permiten tener una primera aproximación al problema, estructurándose en dos etapas, la primera de las cuales, que contempló: diagnósticos de las instancias de ingeniería de la educación superior y los centros de investigación y desarrollo, y la identificación de problemas y requerimientos de la industria y los servicios, es la que se aborda en el presente trabajo. La segunda, dirigida a identificar las variables clave para el funcionamiento del sistema, es desarrollada en otro artículo en este número (Vol 43(06)2022).

El ejercicio se inició con una consulta a expertos y actores relevantes (profesores e investigadores universitarios, academias, empresas, asociaciones empresariales) mediante cuestionarios abiertos en la que se abordaron tres grandes temáticas: 1) Situación de la industria y los servicios y de las demandas y requerimientos de ingeniería y servicios a las IES; 2) Los desafíos de las tecnologías convergentes, la 4i y el desarrollo sustentable, y 3) La gestión institucional (enfocada en las IES).

4. Los resultados de la consulta a los expertos y actores relevantes

Mediante el análisis de frecuencias se identificaron los principales problemas que se confrontan tanto en las universidades como en la industria y los servicios, los requerimientos en términos de I+D+i, la situación de la vinculación entre ambos sectores y las implicaciones que tendrán las tecnologías disruptivas y la difusión de la 4i sobre la generación, transmisión y uso del conocimiento en las ingenierías en el país. Los resultados obtenidos, los cuales permiten tener una primera visión sobre la situación del sistema, se presentan a continuación.

4.1. Situación de la industria y los servicios y de las demandas y requerimientos de ingeniería y servicios a las IES

Para abordar el tema de la contribución de las universidades a la reactivación y recuperación de la actividad industrial, a los dos grupos se les consultó acerca de los problemas más severos de carácter tecnológico y productivo. El objetivo era conocer los problemas que confronta el aparato productivo directamente desde la perspectiva de los actores de la industria y los servicios, así como la percepción que tiene la academia sobre los mismos. En el Cuadro 1 se presentan las respuestas y su frecuencia en uno y otro caso.

Cuadro 1
Problemas tecnológicos y productivos
que enfrenta la industria

Problema	Respuestas desde la Industria (a)	Respuestas desde la Universidad (b)
Acceso a tecnología y conocimiento	19,6%	9,1%
Calificación del capital Humano	17,6%	15,9%
Obsolescencia tecnológica	17,6%	15,9%
Acceso a materia prima	11,8%	18,2%
Inversión y capital	9,8%	11,4%
Mantenimiento	9,8%	9,1%
Infraestructura y servicios	5,9%	9,1%
Dependencia tecnológica	5,9%	4,5%
Calidad y control	2,0%	4,5%
Ambientales	0,0%	2,3%

Fuente: Elaboración propia

Notas: Base: 18 respuestas de la universidad y 14 de industria-servicios

(a) Pregunta: ¿Cuáles son los problemas tecnológicos y productivos más severos que confronta su sector?;

(b) Pregunta: ¿Conoce los problemas tecnológicos y productivos más severos que confrontan la industria y/o los servicios?

Como puede verse, no existe una visión compartida por los dos sectores acerca de la problemática de la industria y los servicios que afecta su productividad y desempeño. En el caso de las empresas, la respuesta más frecuente se refirió al acceso a tecnología y conocimiento, mientras que las universidades se inclinaron hacia el acceso a la materia prima, dada la dependencia excesiva de suministros extranjeros por la escasa o nula producción de los mismos en el país. Sin embargo, aunque con diferencias en la prioridad asignada, en el segundo lugar y tercer lugar coinciden para ambos grupos de actores/sectores: la “calificación del capital humano” y la “obsolescencia tecnológica”, respectivamente. Para las empresas consultadas el problema del talento en las universidades tiene dos aristas que lo agravan: la fuga de talento y el envejecimiento de la plantilla profesoral.

Es importante destacar las señalizaciones de la industria y los servicios centradas en las necesidades de conocimiento para su eventual recuperación, lo cual plantea desafíos importantes a las IES, constituyendo un elemento clave para identificar posibles encajes entre la oferta y la demanda, así como algunas acciones a implementar. Cuando se consultó, de manera abierta, cuáles eran los requerimientos necesarios para la reactivación de la industria y/o los servicios, destacan los elementos tecnológicos (Cuadro 2). En primer lugar, y mayoritariamente se hace referencia a la actualización y desarrollo de tecnologías de información y comunicación (42,9 %), ampliamente relacionada con los servicios de datos y comunicación (segundo lugar), colocando el énfasis en la cobertura, calidad y accesibilidad. Seguidamente, y con similar porcentaje, destacan las tecnologías relacionadas directamente con la producción (procesos y equipos), derivado, en mucho, de problemas de obsolescencia de equipos y, como se vio, de cambios muy importantes en las formas de producir y las especificaciones de los productos, seguidos por la gestión ambiental, consecuencia de los cambios y el aumento de las exigencias a nivel global.

Cuadro 2
Requerimientos tecnológicos necesarios para reactivar
la industria y/o servicios: vistos desde las empresas

Requerimiento	Frecuencia
Tecnologías de información y comunicación	42,90%
Servicios de datos y comunicación	28,60%
Tecnología de procesos	28,60%
Tecnología de equipos	28,60%
Gestión ambiental	28,60%
Tecnologías blandas	21,40%
Tecnología de productos	14,30%
Servicios públicos	14,30%
Transferencia de tecnología	14,30%
Ingeniería básica, conceptual y de detalle	14,30%
Tecnologías ambientales	7,10%

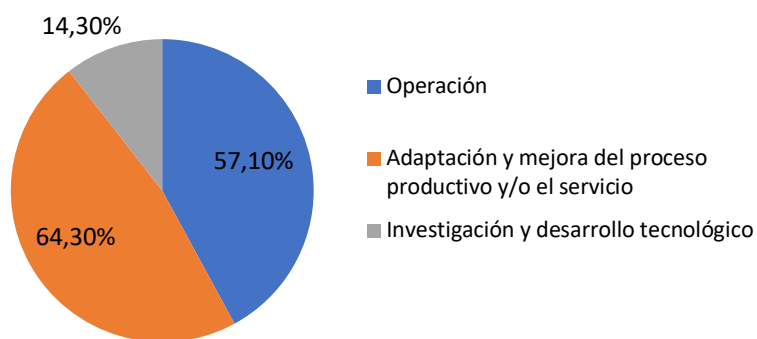
Fuente: Elaboración propia

Al consultarle a la industria si se considera que las facultades de ingeniería de las universidades venezolanas están en capacidad de ofrecer aportes a estos requerimientos, la mayoría (64 %) respondió de manera afirmativa. Sin embargo, entre las respuestas se destacó que estas capacidades se orientan principalmente a dar solución a problemas operativos, de mantenimiento, monitoreo y control a través de diversas disciplinas, señalándose que no poseen fortalezas suficientes para desarrollar nuevas tecnologías, apalancándose por lo general en tecnologías existentes. Asimismo, los empresarios señalaron que es importante profundizar en el conocimiento de las tecnologías al nivel mundial para adecuarlas al contexto local, así como en el análisis del mercado y los costos de producción, destacándose que las universidades que podrían aportar mas a las áreas de diseño por disciplinas y mejoras en operación y mantenimiento; pero en materia de selección y diseño de nuevas tecnologías opinan que hay limitaciones importantes. Por ello, las facultades de ingeniería deben profundizar en conocimiento y elementos de diseño de tecnologías según las áreas productivas. Otra manera de contribuir sería mediante la asistencia técnica especializada.

Por otra parte, al ser consultados acerca de si el perfil profesional de los ingenieros satisface los requerimientos de la industria y/o servicios, los representantes de la industria y servicios consultados indicaron que este satisface principalmente habilidades necesarias para realizar adaptaciones y mejoras en el proceso productivo, seguida de los requerimientos para la operación. Pero pocos consideran que posean las capacidades para asumir actividades de investigación y desarrollo (Figura 2).

En general, se reconoció por parte de la industria que los ingenieros formados en las universidades venezolanas tienen los conocimientos suficientes para participar en cualquier proceso operativo, así como la capacidad para diseñar e incorporar mejoras al proceso productivo según la disciplina de su especialidad; pero que, sin embargo, se encuentran rezagados en lo concerniente los conocimientos y habilidades en nuevas tecnologías de aplicación en la industria.

Figura 1
Orientación de perfil profesional de los ingenieros: visto desde la industria



Fuente: Elaboración propia

"En cuanto a los elementos que deberían ser incorporados a los programas de formación en ingeniería para atender los requerimientos de la industria y/o los servicios (Cuadro 3), destacó la necesidad de una "formación integral", señalado como el más importante, tanto por las empresas como por las universidades, mencionándose al respecto aspectos asociados a principios y valores como, por ejemplo, la ética, el rescate del compromiso y una cultura de trabajo honesto. Sin embargo, para los otros elementos se observan diferencias en las prioridades asignadas por uno y otro grupo. Así, para la industria son considerados como los segundos aspectos en importancia a incluir o fortalecer en los programas de formación: a) optimización y procesos de mejora continua; b) elementos relacionados con normas técnicas en materia de calidad, seguridad industrial y laboral y ambiente, y c) el aspecto de la sustentabilidad.

Cuadro 3
Elementos que se considera deberían ser incorporados a los programas de formación en ingeniería para atender los requerimientos de la industria y/o los servicios

Elemento o aspecto	Industria (a)	Universidad (b)
Formación integral	42,90%	50,00%
Optimización y mejora continua	28,60%	11,10%
Normas técnicas (calidad, seguridad, ambiente)	28,60%	5,60%
Sustentabilidad	28,60%	11,10%
Formación ingenieril	21,40%	22,20%
Investigación y desarrollo	21,40%	5,60%
Gestión empresarial	21,40%	38,90%
Trabajo colaborativo e interdisciplinario	14,30%	11,10%
Desarrollo y aplicación de TICs	14,30%	27,80%
Tecnologías disruptivas	14,30%	11,10%

Fuente: Elaboración propia

Nota: (a) Pregunta: ¿Qué elementos considera deberían ser incorporados a los programas de formación en ingeniería para atender los requerimientos de la industria y/o los servicios?; (b) Pregunta: ¿Qué aspectos del perfil de ingenieros y tecnólogos deberían desarrollarse para contribuir al desarrollo tecnológico de la industria y/o de los servicios?

Por otra parte, para las universidades el segundo y tercer aspecto en orden de importancia fueron: a) elementos de gestión empresarial, y b) el desarrollo y aplicación de tecnologías de información y comunicación, respectivamente. Entre los elementos de gestión empresarial señalados destacaron: competencias para el emprendimiento, liderazgo y trabajo en equipo con profesionales de otras disciplinas, aspecto que también fue mencionado por los empresarios, junto a los conocimientos para la formulación y evaluación de proyectos.

Las empresas consultadas destacaron que las capacidades de las universidades para atender los requerimientos de la industria y/o los servicios pudieran ser fortalecidas a través del establecimiento de alianzas con los sectores industriales y gubernamentales, así como del trabajo conjunto en proyectos de investigación para desarrollar soluciones replicables, mejorar la productividad, implantar programas de mejora continua, instalar sistemas de mantenimiento preventivo y predictivo en las unidades de producción, entre otros aspectos, destacándose la importancia de las relaciones industria-universidad.

En este sentido, se consideró importante conocer la visión de los actores con relación a cuáles son los obstáculos principales que impiden o limitan el establecimiento de vínculos con la universidad para solicitar servicios y adelantar proyectos conjuntos, los cuales se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4
Obstáculos que impiden el establecimiento
de vínculos Industria-Universidad

Obstáculos	Industria (a)	Universidad (b)
Desconocimiento de las capacidades y oferta de servicios de las universidades de parte de las empresas, por la falta de confianza y de canales de comunicación	36%	30%
Universidad aislada de su entorno y con falta de foco en las necesidades de la industria	18%	36%
Ausencia de políticas públicas, incentivos y estrategias de desarrollo industrial (LOCTI)	14%	9%
Recursos económicos limitados en las empresas para acometer nuevos proyectos	11%	11%
Fuga de talento	7%	3%
Deterioro y obsolescencia de los equipos e infraestructura de las universidades	-	11%
Incertidumbre que impide o limita las inversiones en materia tecnológica	5%	-
Manejo de aspectos legales (PI)	5%	-
Desactualización de las universidades	4%	-

Fuente: Elaboración propia

Nota: (a) Pregunta: En su opinión, ¿Cuáles mecanismos podrían propiciar una efectiva vinculación de la Facultad de Ingeniería con la industria nacional?; (b) Pregunta: ¿Cuáles son los principales obstáculos que considera impiden el establecimiento de vínculos con la industria y/o servicios para ofrecer servicios y adelantar proyectos conjuntos? (máximo 3 en orden de importancia)

Como puede notarse a partir de la información presentada en el Cuadro 4, desde ambos lados se destaca tanto el desconocimiento de las capacidades de las universidades por parte de las empresas y de la oferta de servicios que estas podrían ofrecer a la industria y/o servicios, como la falta de interés de las universidades en los problemas de la industria. Se considera que la universidad está aislada de su entorno y de la problemática de las empresas; pero lo más grave es que no se acerca a ellas para conocer sus necesidades, sumado a que los empresarios consideran que en muchos de los casos en los que se llega a dar la interacción “las soluciones que la universidad ha logrado desarrollar son de poca trascendencia”. Según la industria, el vínculo con la universidad

siempre será proporcional a la aplicabilidad y la concreción de las propuestas tecnológicas que se planteen y, sobre todo, que se desarrollen.

Lo más notorio es que los obstáculos más citados son, en gran medida, producto de la gestión universitaria, siendo prioritario el diseño e implementación de estrategias y mecanismos que propicien una vinculación efectiva y que contribuyan al desarrollo de confianza mutua, entre los cuales se mencionó la necesidad de repensar el objetivo y enfoque de las pasantías y las prácticas empresariales, así como de crear nuevos canales de comunicación entre las universidades y las empresas y de fortalecer los existentes. También se destacó la necesidad de políticas públicas e incentivos que promuevan el acercamiento entre la industria y las universidades y, en general, la articulación del sistema de CTI; haciendo referencia en uno y otro caso a la Ley Orgánica de Ciencia, Tecnología e Innovación (LOCTI) aprobada en 2005 como un mecanismo a rescatar para estimular la vinculación entre la industria y la universidad, la cual establece modalidades de financiamiento de actividades de I+D+i y de vinculación de los actores del SNCTI.

4.2. Los desafíos de las tecnologías convergentes, la cuarta revolución industrial y el desarrollo sustentable

Las respuestas a la pregunta ¿de qué manera considera que las tecnologías convergentes y la Industria 4.0 afectarán la actividad de su sector?, fueron variadas, dada la diversidad de sectores a los que pertenecen las empresas que participaron en la encuesta. Sin embargo, los empresarios estuvieron de acuerdo en que, de cara a la cuarta revolución industrial, casi ninguna de las tecnologías señaladas dejará de tener efecto en cualquier sector de la industria y los servicios, siendo un asunto de tiempo y de oportunidades particulares, tanto por parte de las propias tecnologías como de quienes requieran aplicarlas para mantenerse competitivos. Con esto en mente, se destacó la importancia de los análisis prospectivos, en los que las universidades podrían brindar una importante orientación y apoyo, para lo cual deben tener un conocimiento preciso de las capacidades de la industria venezolana.

En este sentido, los empresarios consultados consideraron que a escala global todas las actividades industriales y productivas cambiarán significativamente tanto por las tecnologías convergentes como por la 4i, destacándose a continuación aquellas que se consideraron de mayor impacto:

- La integración de los servicios de internet móvil e inteligencia artificial a los procesos productivos.
- Big Data, Internet de las cosas y *cloud computing*.
- Las nuevas tecnologías para la obtención, almacenamiento, distribución y uso de energía, alternas a la extracción de combustibles fósiles (solar, eólica, entre otras)
- Los biocombustibles.

Dado el dinamismo del cambio tecnológico, que plantea grandes retos y tendrá repercusión en nuestros entornos, resulta imprescindible incursionar en el desarrollo, asimilación y la formación y capacitación en esas tecnologías, de manera de mitigar sus efectos y no quedar desplazados de los mercados. Por ello, opinan que es fundamental y urgente la revisión y actualización de los pensum de estudios de las diferentes carreras que en la actualidad ofrecen las universidades nacionales, para lo cual se debe investigar acerca de las tendencias en la enseñanza de las ingenierías a escala global y prepararse para la modernización de las IES en función a las nuevas realidades. Además, se considera que este proceso se debería desarrollar, tanto en el ámbito industrial y empresarial como en el académico, con la participación conjunta de profesores, estudiantes y profesionales en ejercicio.

Con relación al tema del desarrollo sustentable, se señaló que las facultades de ingeniería podrían contribuir a afrontar los problemas ambientales asociados a la actividad de la industria y los servicios, a través de la formación de profesionales bajo los postulados de la sustentabilidad, con capacidad para gestionar problemas ambientales y desarrollar tecnologías limpias y ambientalmente amigables, así como mediante asistencia técnica especializada y la consolidación de un centro de información de datos relevantes sobre los procesos que impactan al ambiente y cuáles son las iniciativas que apuntan hacia un desarrollo sustentable. Otras formas en que las universidades podrían aportar sería apoyando en el diagnóstico de los problemas ambientales asociados con la actividad productiva y de servicios, en la identificación de lineamientos y políticas acordes con el cambio climático a nivel mundial e interpretando y adecuando las normativas al entorno local del país.

Por último, entre los desarrollos tecnológicos sugeridos por las empresas en materia ambiental destacan:

- Desarrollo de tecnologías propias de plantas compactas de tratamiento de aguas que permitan dar soluciones al sector de infraestructura.
- Diseño de software nacional para simulación de emisiones atmosféricas, y efluentes en medios marinos y lacustres.
- Tecnologías nacionales para el control de derrames de hidrocarburos.
- Producción de aditivos para distintos procesos (tratamiento de aguas, producción de medicinas, alimentos), entre otros.

Continuando con los desafíos de las tecnologías convergentes y la 4i, pero ahora vistos desde las universidades, al consultar a los profesores sobre su conocimiento acerca de si las tecnologías convergentes están siendo consideradas en las líneas de investigación y formación de las áreas de ingeniería, ciencia y tecnología de su institución, destacaron las siguientes: Ciencias del conocimiento (Cursos masivos abiertos *on line* - MOOCs); TICs: Internet de las cosas (IoT); TICs: Big Data; TICs: realidad virtual; TICs: *cloud computing*; biotecnología: biocombustibles. También fueron mencionadas las tecnologías convergentes siguientes: *deep learning*; robótica; biomecatrónica; energías renovables; agentes inteligentes; *blockchain*; sistemas ciber-físicos; *Big Data*; utilización de imágenes satelitales para cartografía a escalas medianas y pequeñas; nanomateriales; modelado computacional de materiales nanoestructurados, entre otras.

En particular los profesores de las áreas de las ingenierías eléctrica y electrónica y las TICs, mostraron un conocimiento amplio de las transformaciones y alcances de la 4i, así como de los impactos en sus áreas disciplinarias, indicando que algunos grupos de investigación están trabajando en varias de las tecnologías de la llamada 4ta revolución industrial, desde varios ángulos. Sin embargo, debido a la restricción de recursos para el desarrollo de la investigación y desarrollo tecnológico, se señaló que los alcances son limitados, así como las posibilidades de implementación en la industria local. Por lo cual, entre los mecanismos propuestos para su incorporación se sugirió la realización de un arqueo de habilidades y capacidades para contrastarlo con las necesidades y potencialidades de la I+D+i para la industria 4.0, a fin de promover la conformación de laboratorios de innovación en diferentes áreas con la participación de socios nacionales e internacionales tanto de la academia como de la industria. También se sugirió la elaboración y puesta en operación de cursos masivos de formación en línea (MOOCs) sobre tecnologías digitales emergentes, dictados por especialistas en cada área, para formar y actualizar de forma acelerada los conocimientos de los docentes, estudiantes y profesionales de la ingeniería. Pero, dada la situación precaria de las IESs, para incorporar estos mecanismos, en primer lugar habría que asegurar la implantación y funcionamiento de la infraestructura de telecomunicaciones, equipos y servidores de última generación.

Por otra parte, al mismo tiempo, es imperativo que se aligere la aprobación e inclusión de estos nuevos cursos en los diferentes pensum y programas de estudios, siendo necesario para lograrlo eliminar la burocracia que en la actualidad caracteriza a la gestión universitaria, así como promover un pensamiento interdisciplinario, que es una de las competencias que debe caracterizar a los ingenieros de la 4i.

4.3. La gestión institucional (enfocada en las Instituciones de Educación Superior)

En el caso de los cuestionarios dirigidos al sector académico se incluyó una tercera sección para abordar el tema de la gestión institucional en las IES. Lo relativo a los aspectos de la gestión universitaria que se considera constituyen obstáculos para una adecuada articulación de las universidades en general, y las facultades de ingeniería en particular, con la industria y/o los servicios, fue incorporado en la primera sección anteriormente expuesta, la cual trató sobre la contribución de las universidades a la reactivación y recuperación de la actividad Industrial. Por ello, en este apartado se comparte la visión de los académicos encuestados sobre qué papel se considera que juegan en la actualidad las actividades de extensión como medio de vinculación con la sociedad.

Al respecto, la mayoría de los profesores consultados estuvo de acuerdo de que en las IES hay una falta de conocimiento generalizada con respecto a su importancia y al papel que juega la extensión universitaria en el acercamiento a la sociedad. También se señaló que se debe masificar la extensión orientada a la producción de conocimientos aplicables directamente a la industria, en particular, y a la sociedad en general. Sin embargo, si bien se indicó que las actividades de extensión realizadas por las universidades nacionales puede considerarse moderadas, habiéndose reducido sustancialmente en la actualidad, algunos profesores destacaron que si se han realizado proyectos importantes a través de las coordinaciones de extensión y las fundaciones de las IES, que han tenido impacto tanto en la producción y los servicios como en las comunidades, considerándose un mecanismo clave para la vinculación del mundo académico con los sectores de producción y servicios, siempre y cuando se tenga como objetivo resolver problemas concretos propuestos por estos sectores. Entre los aspectos mencionados, se destacó la necesidad de realizar una mayor difusión y comunicación de las actividades y capacidades que tienen las universidades, y en particular las facultades y escuelas de ingeniería, para atender las necesidades y resolver los problemas de la sociedad.

Con relación al papel de la extensión para el empoderamiento de las comunidades y la inclusión social, se señaló que el esfuerzo realizado en el "servicio comunitario" va en ese sentido, aunque se reconoció la necesidad de reorientarlo para incrementar el interés, el compromiso y la participación conjunta en la resolución de los problemas de las comunidades. Con relación a los mecanismos para promover la inclusión social, se destacaron algunas experiencias exitosas que valdría la pena replicar y analizar como son los casos del "Programa de Igualdad de Oportunidades" (PIO) de la Universidad Simón Bolívar (USB) y Samuel Robinson de la Universidad Central de Venezuela (UCV), cuyos propósitos son nivelar los conocimientos de los estudiantes (y profesores) de educación media, con miras a aumentar sus probabilidades de éxito para el ingreso y la prosecución de estudios universitarios.

En cuanto a su rol para la preservación del ambiente y desarrollo sustentable, así como en el caso de los pensum de estudios, se señaló que el tema de la sustentabilidad debe ser un aspecto a considerar de manera transversal en los proyectos de extensión, destacándose la importancia de incorporar la variable ambiental como parte de la toma de decisiones en los proyectos realizados por los estudiantes. Un mecanismo para ello sería, por ejemplo, el plantear que todos los proyectos deban incorporar un estudio de impacto ambiental.

Por último, entre los consultados hubo acuerdos acerca de que se requiere promover entre la comunidad universitaria en general, la importancia de su participación en esas actividades, tanto desde el punto de vista de

su crecimiento profesional como de la posibilidad de obtener beneficios económicos, siendo necesario al mismo tiempo agilizar los procedimientos administrativos y garantizar su eficiencia y transparencia, de forma que se genere confianza entre las partes involucradas. Así, para el éxito de la extensión universitaria, además de los incentivos adecuados, se requiere de una gestión universitaria eficiente y efectiva que garantice y facilite la ejecución de los proyectos de extensión, a fines de que estos puedan lograr los objetivos e impactos esperados.

5. Conclusiones

En el trabajo se abordan los aspectos relativos a la situación crítica del SNCTI venezolano debida, principalmente, a la abismal pérdida de profesionales que se han visto forzados a abandonar el país, agudizando un déficit histórico de masa crítica muy importante en las áreas de ingeniería y tecnología. Ello se ha reflejado en la crisis que presentan tanto las instancias de producción y transmisión de conocimientos, como la industria y los servicios, registrándose una pérdida apreciable de capacidades científicas y tecnológicas que llevó décadas construir. Una de las consecuencias más graves y directas sobre la industria y los servicios es la desestructuración de las capacidades productivas y el consecuente desaprendizaje tecnológico.

Sin embargo, en un momento de aceleradas transformaciones sociotécnicas, la gravedad de la crisis puede constituir una oportunidad para repensar la recuperación y transformación de las ingenierías. Es de vital importancia comenzar a trabajar de inmediato en la reactivación de la industria y de los servicios, lo que demanda urgentemente recuperar sus capacidades tecnológicas, junto con la transformación de la formación, la investigación y desarrollo tecnológico de las instituciones de educación superior (IES).

Si bien a través de la consulta realizada puede verse que no existe una visión compartida por los dos sectores acerca de la problemática de la industria y los servicios que afecta su productividad y desempeño, las consultas realizadas se evidencia un consenso en cuanto a la disposición a participar en estos arreglos. Pero más revelador aun es que la industria y las universidades se perciben como interlocutores válidos y necesarios y que las posibilidades de resolver problemas y avanzar en la recuperación de ambos pasa, en gran medida, por impulsar esfuerzos colaborativos.

Es importante destacar las señalizaciones de la industria y los servicios centradas en las necesidades de conocimiento para su eventual recuperación, lo cual plantea desafíos importantes a las IES, constituyendo un elemento importante para identificar posibles encajes entre la oferta y la demanda, así como algunas acciones a implementar. Las empresas consultadas destacaron que las capacidades de las universidades para atender los requerimientos de la industria y/o los servicios pudieran ser fortalecidas a través del establecimiento de alianzas con los sectores industriales y gubernamentales, así como del trabajo conjunto en proyectos de I+D+i, destacándose la importancia de las relaciones industria-universidad.

Es indudable que se debe repensar y plantear cambios significativos, tanto en contenido como en forma, de la formación, la investigación y desarrollo, y la práctica profesional; además de una revisión profunda de la gestión institucional, que permita llevar adelante estos cambios. Este es el planteamiento fundamental del proyecto: Recuperación de la formación y la investigación y desarrollo en las ingenierías para afrontar la crisis y las transformaciones tecnológicas disruptivas, cuyo objetivo central es proponer políticas y estrategias institucionales para recuperar e impulsar capacidades de formación y de I+D+i de las ingenierías en las IES venezolanas, con pertinencia para contribuir a la recuperación de la industria y los servicios del país y afrontar las transformaciones tecnológicas inherentes al despliegue de la cuarta revolución industrial con una perspectiva de sustentabilidad.

Referencias bibliográficas

- Alvarenga, M.G. (2019, 24 de marzo). Víctor Márquez aseguró que aproximadamente 10 mil profesores universitarios han emigrado. *El Universal*. Consultado en: <https://www.eluniversal.com/politica/36182/marquez-aseguro-que-aproximadamente-10-mil-profesores-han-emigrado>
- Ávalos, I. y Mercado, A. (2019). *Capacidades Nacionales de Ingeniería (Entre la coyuntura y la Sociedad del Conocimiento)*. [Informe sin publicar]. Caracas.
- Aula Abierta (2021). *Libertad Académica y autonomía en la Educación Superior Referencias a la salud y otros derechos humanos*. [Informe preliminar]. Consultado en: <http://aulaabiertavenezuela.org/wp-content/uploads/2021/06/INFORME-PRELIMINAR-LIBERTAD-ACAD%C3%89MICA-Y-AUTONOM%C3%8DA-UNIVERSITARIA-EN-LA-EDUCACI%C3%93N-SUPERIOR-EN-VENEZUELA.pdf>
- Bolívar, C. (2018, 5 de noviembre) Encuesta coyuntura industrial demuestra crisis en empresas del sector. *FEDECAMARAS radio*. Consultado en: <https://www.fedecamarasradio.com/encuesta-coyuntura-industrial-demuestra-crisis-en-empresas-del-sector/>
- CIV (2018, 3 de agosto) A países del sur se dirige mayor número de emigrados, dijo Arq. J.G. Chacón. *Colegio de Ingenieros de Venezuela*. <http://www.civ.net.ve/noticia/a-paises-del-sur-se-dirige-mayor-numero-de-agremiados-dijo-arq-jose-gregorio-chacon>
- CIV (2019, 5 de febrero) Ing. E. Betancourt: Más de 50.000 ingenieros y arquitectos han emigrado del país en los últimos 6 años, Colegio de Ingenieros de Venezuela. Consultado en: <http://www.civ.net.ve/noticia/ing-enzo-betancourt-mas-de-ingenieros-y-arquitectos-han-migrado-del-pais-en-los-ultimos>
- Clarivate Analytics (2017). Research in Brazil: A report for CAPES by Clarivate Analytics. Consultado en: <https://www.gov.br/capes/pt-br/centrais-de-conteudo/17012018-capes-incitesreport-final-pdf>.
- CNPq (2016) Censo atual CNPq. Principais Resultados. Diretório Dos Grupos de Pesquisa No Brasil. Consultado en: <http://lattes.cnpq.br/web/dgp/censo-atual>
- CONINDUSTRIA (2020, 19 de junio). Encuesta cualitativa de coyuntura industrial. I Trimestre 2020: Capacidad operativa de la manufactura venezolana se desploma hasta 18.1%. *Confederación Venezolana de Industriales*. Disponible en: <https://www.conindustria.org/?p=5768>
- Díaz, C. (2018) Iván Freites: saquearon a PDVSA. *La Razón*. Consultado en: <https://larazon.net/2018/05/ivan-freites-saquearon-pdvsa/>
- Díaz, G. (2018, 4 de octubre) La diáspora le resta energía humana a Corpoelec, *Crónica Uno*. Disponible en: <http://cronica.uno/la-diaspora-le-resta-energia-humana-a-corpoelec/>
- Fermín Kancev, M.V. (2018, 2 de noviembre). Rectora de la UCV estoy firmando un promedio de 10 renuncias diarias, *Efecto Cocuyo*. Consultado en: <https://efectococuyo.com/la-humanidad/rectora-de-la-ucv-estoy-firmando-un-promedio-de-10-renuncias-diarias/>
- George, S. y Hovan George, A.S (2020) Industrial Revolution 5.0: the Transformation of the Modern Manufacturing Process to Enable Man and Machine to Work Hand In Hand. *Journal of Seybold Report*, 15(9).

- Gibbons, M; Limoges, C; Nowotny, H; Schwartzman, S; Scott, P y Trow, M (1997). *La nueva producción del conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*. Barcelona: Ediciones Pomares – Corredor S.A.
- Guevara, M. y González De León, M (2019). *Estudio Empresas Propiedad del Estado en Venezuela. Un modelo de control del Estado*. Transparencia Venezuela. Consultado en: <https://transparencia.org.ve/project/empresas-del-estado/>
- Lafuente, M. y Genatios, C. (2004) El Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Consultado en: <https://www.voltairenet.org/article120763.html>
- Lafuente, M. y Genatios, C. (2021) *De fuga de cerebros a red de talentos. La diáspora venezolana: análisis y propuestas*. Caracas, Venezuela: Ediciones CITECI-ANIH.
- Mercado, A., Testa, P. Vessuri, H. y Sánchez, I. (2002). Sistemas Nacionales de Ciencia y Tecnología: Experiencias y aprendizaje de cuatro países de medio desarrollo, *Boletín de ASOVAC*, Nro. 41. 45p.
- Mercado, A. Testa, P. Rengifo, R, Gómez, N. y Patruyo, T (1999). El ofertismo limitado: Una aproximación al Sistema Nacional de Innovación Venezolano. *Revista Espacios*, 20(2), Caracas.
- Mercado, A; Ávalos, I; Sánchez-Rose, I; Cervilla, M.A.; López, M. S y Vessuri, H (2020). *Investigando en Venezuela. Capacidades de ciencia, tecnología e innovación para superar la crisis en Venezuela*. Informe elaborado para el *International Development Research Center (IDRC) y el Global Development Network (GDN)*. Octubre 2020.
- OIM (2019). *Ingenieros Venezolanos Residentes en la República Argentina*. Editorial: Organización Internacional para las Migraciones. Buenos Aires.
- ONCTI (2017). *Indicadores Venezolanos de Ciencia, Tecnología e Innovación. Boletín año 2017*. Observatorio Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Caracas: Ediciones ONCTI.
- Peinado, F. (2011, 9 de junio). La diáspora venezolana que enriqueció a Colombia. *BBC Mundo*, consultado en: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2011/06/110607_colombia_venezuela_petroleo_fp
- Quintero, S. Lugo y W. Robledo, J (2015). El Des-Aprendizaje en un Sistema de Innovación: una Perspectiva desde la Interacción entre Agentes. XVI Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica (ALTEC) Porto Alegre.
- Requena, J. y Caputo, C. (2016). Pérdida de talento en Venezuela: migración de sus investigadores”. *Interciencia: Revista de ciencia y tecnología de América*, 41(7). 444-453.
- Requena, Jaime (2022) Estado de ciencia y tecnología en Venezuela: actualización al año 2020. *Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales*. Vol. LXXXII, N° 1, pp. 7-18
- RICYT (2017) *Indicadores de Ciencia y Tecnología por país*. Consultado en: <http://www.rieyt.org/2010/07/porpais/>
- RICYT (2018) *Indicadores para Venezuela: 2009-2018*. Consultado en: http://app.rieyt.org/ui/v3/bycountry.html?country=VE&subfamily=CTI_BIB&start_year=2009&end_year=2018

Rincón, E.L. (2009) Sistema nacional de ciencia, tecnología e innovación en Venezuela. *Opción*, Vol.25, N° 60, pp. 55-67.

Salomón, L. (8, octubre, 2018) Universidad Simón Bolívar: Anatomía de una crisis. Consultado en: <http://factor.prodavinci.com/usbanatomiadeunacrisis/index.html>

STPEI (2016) Korean Reports. Consultado en:

<http://www.stpei.re.kr/app/eReport/list.jsp?currPg=4&cmsCd=CM0129&src=&srcTemp=Koreanreports>

USB (2018a). Boletín Estadístico 2013-2017. Comisión de Planificación y Desarrollo. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1-ND6imKh9VIB0JHi0VRkEoMdeprndXzH/view>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial 4.0 Internacional