

Metodología para la evaluación de proyectos de I+D en el sector público mexicano

C. Oscar David Ortiz Quistian
Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP).
davidquistian155@gmail.com

Dr. Leonardo David Tenorio Martínez
Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP).
leonardo.tenorio@uaslp.mx

M.C. Herminia Cerda y Meneses
Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA).
herminia.cerda@ciqa.edu.mx

Introducción.

El presente proyecto tiene como objetivo generar una propuesta de metodología e instrumento generalista, que sirvan de guía ex ante y ex post para evaluar el impacto socioeconómico de los proyectos de Investigación y Desarrollo (I+D), que son realizados y ejecutados dentro del sistema público mexicano de ciencia y tecnología,

Como lo menciona el Manual Frascati:

“La investigación y el desarrollo experimental (I+D) comprenden el trabajo creativo llevado a cabo de forma sistemática para incrementar el volumen de conocimientos, incluido el conocimiento del hombre, la cultura y la sociedad, y el uso de esos conocimientos para crear nuevas aplicaciones” (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), 2002)

Tanto los recursos públicos como privados son escasos y además su asignación demanda una presión sobre los resultados cada vez mayor. Es así, que bajo la premisa de dar un uso eficiente a los recursos (principalmente públicos), los proyectos de I+D deben competir por ellos. Lo que se traduce en generar evaluaciones de impacto de los distintos proyectos, que sirvan de justificación para la correcta asignación.

En primera instancia, se realizó una revisión del estado del arte con respecto a otros modelos de la misma índole, de carácter tanto cualitativos como cuantitativos y con base en ellos, se plantearon los primeros elementos para el desarrollo del modelo de valoración propio. Teniendo en cuenta que el modelo debía adecuarse a las características y necesidades propias de los centros de investigación del sistema de ciencia y tecnología en México.

Se contó con la aportación de un (os) caso (s) particular (es) por parte del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), que sirvieron de guía para el desarrollo del modelo y de los instrumentos propios de la valoración.

El modelo está diseñado en dos partes.

Ex ante. De carácter cualitativo principalmente. Se propone un instrumento para sistematizar y evaluar la viabilidad de los proyectos de I+D, con base a indicadores del contexto socioeconómico antes de la implementación de dichos proyectos.

Ex post. De carácter cuantitativo principalmente. Se propone un instrumento para sistematizar y evaluar los proyectos de I+D que se han desarrollados e implementados por los centros de investigación. El instrumento constara de indicadores de impacto socioeconómico que detonaron los resultados de los proyectos de I+D.

Justificación.

La ciencia y la tecnología juegan un papel muy importante en la actualidad. Gracias a ellas, el ser humano ha podido dar explicaciones a un sinnúmero de cuestiones, así como soluciones a varios problemas que lo aquejan. Desde crear medicamentos para atacar enfermedades consideradas mortales, pasando por la invención de los smartphones y llegando a crear satélites artificiales para las comunicaciones.

Sin duda alguna, la ciencia y la tecnología han dado un gran poder a la humanidad para modificar su entorno y aprovechar los recursos del planeta mediante su transformación. Desde hace algunos siglos la sociedad comenzó a observar los beneficios que la ciencia traía consigo. Pero fue hasta el pasado siglo XX que un número importante de países decidió apostar por impulsarla con mayor fuerza.

Entre los países que hicieron esto, se encuentra, Estados Unidos, Alemania, Japón, Corea del Sur y en las últimas décadas la India y China. Fue en gran parte a esta apuesta, que dichos países experimentaron (algunos aún siguen experimentando) un acelerado y sostenible crecimiento-desarrollo económico, pues los bienes y servicios producidos en sus territorios se diferenciaban claramente con lo cual tuvieron (tienen) ventajas competitivas ante el resto del mundo.

Para lograr avances y resultados en relación con la ciencia y la tecnología, el método más común son los proyectos de investigación y desarrollo (I+D). Dichos proyectos parten en una primera instancia de la investigación de fenómenos y hechos observables, con la intención de, en una segunda instancia, desarrollar nuevos conocimientos, productos o servicios.

Conforme el tiempo transcurre, las circunstancias del contexto van cambiando la forma en la cual se llevan a cabo los proyectos de I+D, en los diferentes países. Debido a que los proyectos de I+D demandan una serie de recursos (monetarios, humanos, etc.) se han tratado de elaborar herramientas para monitorear y evaluar el avance y el desempeño de estos. Tomando en cuenta la gestión de los proyectos de I+D, se busca conocer los resultados y el impacto en la sociedad que estos generan.

En el caso particular de México, los estudios sobre la evaluación socioeconómica de los proyectos de I+D, son escasos y la mayoría de ellos solo contemplan indicadores de tipo económico.

Marco Teórico.

Con el objetivo de asegurar la contribución que los proyectos de investigación aportan al desarrollo económico y social de los países, muchas organizaciones, agencias internacionales y gobiernos han creado y aplicado diversas metodologías, para lograr evaluar los impactos de los proyectos de I+D.

De acuerdo con Arandas

“Se denomina impacto de un proyecto a la contribución significativa de un proyecto al logro del Fin/Propósito, que es un problema sectorial, y es un cambio o conjunto de cambios duraderos en la sociedad, la economía, la ciencia, la tecnología y el medio ambiente que mejora o degrada sus indicadores, como resultado de la ejecución de acciones de investigación- desarrollo- innovación” (Arandas, 2014)

Uno de los estudios realizados con relación al impacto de los proyectos de investigación es el de nombre “Criterios de evaluación de proyectos de investigación” realizado por la Universidad de Granada, en él se propone evaluar el impacto de los proyectos desde el punto de vista de la política científica de la universidad, tomando en cuenta aquellos proyectos que ya se han realizado, por lo tanto, aunque no lo especifique el documento podemos inferir que se trata de una evaluación ex-post. Se basaron en tres grandes rubros para la evaluación. (Gómez, 2015)

- 1) Calidad científico-técnica, relevancia y viabilidad de la propuesta.
- 2) Calidad, trayectoria y adecuación del equipo de investigación.
- 3) Impacto científico-técnico o internacional de la propuesta (proyecto).

El documento plantea, una matriz dividida en los tres rubros anteriores, en cada uno se mencionan de manera muy general los indicadores a evaluar.

Por otro lado, el Sexto Programa Marco (6PM) de la Comisión Europea, realizó un trabajo que presenta la evaluación de impacto social (EIS) de un caso de estudio específico, el cual era un proyecto de I+D denominado Red de Automatización Virtual (VAN) que a grandes rasgos consiste en la mejora de las comunicaciones industriales a través de la ayuda del uso intensivo de las Tecnologías de la Información y Telecomunicación (TIC).

La evaluación del proyecto en cuestión consideró una multiplicidad de aspectos medioambientales, socioeconómicos y científicos, con la intención de abarcar todos los potenciales impactos asociados a los nuevos productos/procesos derivados del proyecto de I+D. Cabe destacar que “el objetivo de la evaluación no es analizar el impacto social del proyecto en sí mismo, sino el de sus resultados (productos, procesos...)” (Aleixandre, y otros, 2006)

La Evaluación del Impacto Social (EIS) se llevó a cabo en tres etapas: ex-ante, in-itinere y ex-post. Cada una de las etapas fue definida de manera simple y hasta el momento de la consulta de dicho documento, solo se había llevado a cabo la evaluación del impacto ex-ante.

En el documento se menciona “La evaluación de impacto ex ante consistió en una encuesta de dos pasos, que sigue un enfoque similar a una metodología Delphi, unido a un trabajo adicional basado en la recogida de información producida previamente” (Aleixandre, y otros, 2006).

La primera ronda de la encuesta consiste en una serie de preguntas relacionadas con la lista de impactos, con respuesta de SI o NO. La segunda ronda de la encuesta consiste en un cuestionario más centrado y específico, en el cual se combinan opiniones de los demás socios y se busca una confluencia común en sus respuestas. Además, en la segunda ronda, se pide a los socios profundizar en su evaluación incorporando los siguientes parámetros: probabilidad del impacto, efecto del impacto, flexibilidad del proyecto.

Es importante mencionar, que en dicho documento no se especifica ni tampoco se propone algún criterio de ponderación de los impactos sociales, por lo que solo se llega a, una valoración de SI o No y a un análisis de los comentarios que los evaluadores pudieran llegar a realizar.

En el documento de la Dra. Margarita Cobas Aranda “Metodología de evaluación de impactos de proyectos de investigación”, se menciona el hecho de evaluar los proyectos de I+D a partir de un grupo de expertos competentes y conocedores de los objetivos estratégicos que persigue el proyecto a evaluar.

En dicho documento se establece que el grupo de expertos que evaluará el proyecto estará coordinado por un experto que será el facilitador y redactor del informe final de la evaluación.

Es así como, los expertos, estudiaran de manera independiente la documentación de dicho proyecto, así como documentación de referencia necesaria.

Además de esto, se propone clasificar dichos impactos del proyecto en diferentes sectores, tales como: tecnológicos, institucionales, económicos, socioculturales, ambientales, políticos y científicos. Tanto esta clasificación como la ponderación que se le dé estará definida en consenso por el equipo de experto evaluadores. Por lo que se puede inferir que la evaluación está dominada por la subjetividad.

En el estudio de Arandas, se proponen algunos indicadores de impacto en rubros como: salud, medioambiente, ciencia y tecnología, organizacionales y económico-financieros. Algunos de ellos son compatibles con los que deseamos trabajar.

A continuación, se presenta una tabla a manera de resumen de los estudios realizados por diferentes organismos acerca de la evaluación de proyectos de I+D.

Tabla 1. Estudios de evaluación de proyectos de I+D

Elaboración propia.

Estudios de evaluación de proyectos de investigación y desarrollo				
Nombre	Tipo de evaluación	Instrumento de evaluación	Indicadores utilizados	Ponderación
Criterios de evaluación de proyectos de investigación - Universidad de Granada	Evaluación por parte de expertos en el tema, ex ante y ex post ambas de tipo cualitativo.	Formato estilo matriz dividido en 3 rubros. En cada uno de ellos el evaluador experto, escribe sus opiniones del proyecto a evaluar, de acuerdo con ciertos indicadores.	Ejemplo: calidad, originalidad, competencia de los investigadores, trayectoria de los investigadores, potencial transnacional.	60% El primer rubro "calidad científico-técnica". 30% el segundo rubro "equipo de trabajo" 10% tercer rubro "impacto científico o internacional"
Sexto Programa Marco (6PM)- Comisión Europea	Evaluación realizada por los expertos involucrados en el proyecto. Evaluación dividida en tres etapas: ex ante, in itinere, ex post.	Para la parte ex ante se utilizan dos encuestas para medir el impacto de acuerdo con ciertos indicadores. La primera generalista y de estilo cualitativo y, la segunda de tipo más precisa y estilo semi cualitativo.	Divididos en 5 rubros. 1. Ambientales (eficiencia energética, ahorro de materiales). 2. Sociales (calidad de vida). 3. Innovación (capital humano, shock tecnológico). 4. Empleo (salud, seguridad humana). 5. Económicos (apoyo a pequeñas y medianas empresas).	No se menciona alguna. Las respuestas se reducen a un SI y NO.
Metodología de evaluación de impactos de proyectos de investigación	Evaluación ex post llevada a cabo por grupos de expertos competentes y conocedores del proyecto, liderados por coordinador.	Matriz dividida en 5 criterios, cada criterio con un peso específico, en esta matriz el evaluador coloca el número de calificación.	Los indicadores se dividen en 7 sectores: Tecnológicos, institucionales, económicos, socioculturales, ambientales, políticos y científicos.	La ponderación se establece a partir del consenso del grupo de expertos.
Centro de Estudios para la Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos (CEPEP)	Evaluación ex post realizada por un experto, a través de un estudio costo-beneficio.	Una serie de indicadores de corte netamente financiero.	A) Valor Actual Neto B) Tasa Interna de Retorno (TIR). C) Valor Actual de los Costos (VAC). D) Periodo de Recuperación (PR)	Debido a que los indicadores utilizados son financieros, no existe una ponderación como tal.

A partir del análisis de los estudios expuestos con anterioridad, se fueron creando los primeros elementos para la elaboración del instrumento de valoración propio, se llegó a la idea de incorporar una amplia gama de indicadores, para de esta manera evaluar de manera holística los proyectos de I+D.

Metodología de evaluación.

Inevitablemente surge la necesidad de evaluar los proyectos de Investigación y Desarrollo, que son realizados dentro del Sistema Mexicano de Ciencia y Tecnología. La mayoría de los estudios señalan como opción viable, la evaluación por parte de expertos conocedores de los proyectos, esto bajo la justificación que, debido a que en su mayoría son proyectos de innovación, son pocas las personas que conocen realmente el posible alcance o impacto de dichos proyectos, por lo que, las personas más aptas para evaluar los proyectos de I+D son los científicos encargados de cada uno de ellos.

Si bien una de las necesidades de los centros de investigación es evaluar sus proyectos, tienen una restricción muy importante, la cual es el tiempo que pueden dedicarle a dicha evaluación, pues al final de cuentas, eso no es uno de sus objetivos como organismo público.

Es así como, se decidió crear un instrumento a forma de encuesta para que los investigadores encargados de los proyectos puedan contestarlo y con el medir el potencial de impacto de estos, el utilizar este instrumento traerá dos beneficios principales: ahorro de tiempo y una organización e interpretación práctica de la información recabada.

De acuerdo con los objetivos perseguidos en el presente trabajo, se quiere realizar una evaluación ex ante y una evaluación ex post a cada uno de los proyectos por evaluar.

Evaluación ex ante. Busca evaluar el potencial de impacto de cada proyecto antes de llevarse a cabo.

Evaluación ex post. Busca conocer cuál fue el verdadero impacto que generó dicho proyecto una vez que fue llevado a cabo.

Como se menciona en la mayoría de los estudios sobre evaluación de proyectos, ambas evaluaciones (ex ante, ex post) son parte importante y se complementan de manera perfecta, pues mientras la primera es una predicción la segunda es una afirmación del impacto generado por los proyectos, es así como, los indicadores utilizados en ambas evaluaciones deben de ser los mismos.

Como primera parte, se establecieron las áreas, rubros e indicadores que compondrán la encuesta ex ante y ex post. Para ello se ha valido de los estudios previamente analizados, así como de otros factores que se consideraron importante incorporar.

Áreas de evaluación

Teniendo claro que, el instrumento de valoración debe de evaluar de la manera más holísticamente posible a los proyectos de I+D, se tiene que este tendrá que comprender una multidisciplinariedad de factores e indicadores. Primero se establecen las grandes áreas. Bajo la premisa de reflexionar quienes son los agentes que se ven involucrados y/o influidos de manera directa o indirecta por el desarrollo de los proyectos, se decidió incorporar a los siguientes agentes de la sociedad clasificados en 4 grandes áreas.

Las grandes áreas que considerar son las siguientes:

- a) Comunidad científica
- b) Consumidores
- c) Industrias/empresas
- d) Gobierno Federal y Estatal

La primera área se fundamenta en el hecho de que, como primera instancia los centros de investigación del país son quienes llevan a cabo la mayoría del desarrollo científico en el país, así que, ellos son los primeros agentes que se ven involucrados por los proyectos, por su parte, cada centro de investigación debe cumplir con ciertos objetivos, para los que fue creado. Es así como, este rubro va forzosamente ligado a los proyectos de I+D.

Cada una de las áreas se dividió en lo que definimos como “rubros”, los cuales aglomeran una serie de indicadores que se relacionan entre sí. El área de comunidad científica esta dividida en tres rubros.

- 1) Investigación. Comprende indicadores de formación y desarrollo de conocimientos y de recursos humanos.
- 2) Infraestructura. Indicadores que se refieren a la capacidad de las instalaciones de los centros de investigación.
- 3) Recursos financieros. Indicadores de rentabilidad financiera de los proyectos de I+D.

La segunda área por considerar es “Consumidores” debido a que la evaluación busca no solo ser financiera, sino forzosamente también social, esta se refiere a los impactos que los proyectos de I+D pueden generar hacia los consumidores finales de la economía, pues como lo menciona el Conacyt una de las metas de la ciencia es, contribuir a elevar el nivel de vida y el bienestar de la población.

Esta área abarca indicadores de corte socioeconómico que impactan de manera visible las condiciones de vida de las personas, el área solo incluye el rubro “consumidores finales” que son aquellos agentes que se encuentran en la última zona de impacto del desarrollo de proyectos de I+D.

La siguiente gran área que se decidió incluir “Industrias/Empresas”, comprende al sector productivo de la economía, la justificación de su inclusión como área, se debe principalmente a que este agente va de la mano con los resultados de los proyectos de I+D, pues se considera el campo de practica de los mismos. Se puede decir que es la parte más directa y visible de los impactos de los proyectos.

El área incluye como único rubro a las empresas públicas y privadas, los indicadores en este rubro abarcan aspectos económicos, ambientales, productivos y de vinculación científico-empresarial.

La última de las áreas “Gobierno Federal y Estatal”, comprende las políticas que los gobiernos han establecido para el cumplimiento de los objetivos de crecimiento y desarrollo económico, además, esta es el área que prácticamente abarca a todas las demás áreas, por lo

que, para la delimitación de los rubros que debe incorporar, se tomó como referencia los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo (PND).

Es así como, el PND, enuncia 5 metas nacionales que tienen por objetivo en común, el llevar a México a su máximo potencial.

1. México en paz. Garantizar el avance de la democracia, la gobernabilidad y la seguridad de su población.
2. México incluyente. Garantizar el ejercicio efectivo de los derechos sociales de todos los mexicanos, que vaya más allá del asistencialismo y que conecte el capital humano con las oportunidades que genera la economía, en el marco de una nueva productividad social.
3. México con educación de calidad. Garantizar un desarrollo integral de los mexicanos y así contar con capital humano capacitado. Se buscará incentivar una mayor y efectiva inversión en ciencia y tecnología que alimente el desarrollo de capital humano nacional, así como generar productos y servicios con un alto valor agregado.
4. México próspero. Promover el crecimiento sostenido de la productividad en un clima de estabilidad económica, así como, diseñar una política moderna de fomento económico enfocada a generar innovación y crecimiento en sectores estratégicos
5. México con Responsabilidad Global. Ser una fuerza positiva y propositiva en el mundo, una nación al servicio de las mejores causas de la humanidad.

Tomando como punto de referencia la meta número 4 del PND, se decidió la incorporación de 5 rubros dentro del área de “Gobierno Estatal y Federal”.

Los rubros en los que el área se dividió son:

- 1) Política tecnológica. Comprende indicadores relacionados con la formación de recursos humanos y generación de nuevos conocimientos.
- 2) Política económica. Comprende indicadores de generación de empleos y riqueza, básicamente.
- 3) Política social. Comprende indicadores que evalúen el desarrollo económico, de tipo ambientales y de bienestar social.
- 4) Política ambiental. Comprende indicadores relacionados con el mejoramiento de las condiciones ambientales.
- 5) Política industrial. Comprende indicadores relacionados con la generación de empleo, sustitución de importaciones, entre otros más.

Indicadores por evaluar de los proyectos de I+D.

Una vez definidas las áreas de impacto, así como los rubros que cada una de ellas contiene, se comienza con la designación de indicadores que estarán dentro de cada una de ellas. Para llevar a cabo esto, primero debimos definir lo que es un indicador, después de consultar una serie de definiciones, se tomo como referencia las siguientes.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo económicos (OCDE) con una perspectiva enfocada a la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, define a “indicador” como “Una serie de datos que mide y refleja el esfuerzo en ciencia y tecnología de un país, demuestra sus fortalezas y debilidades y sigue su carácter notablemente cambiante...” (OCDE, 1976)

Por otro lado, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), define al indicador como “La especificación cuantitativa y cualitativa para medir el logro de un objetivo” (Oficina de Evaluación del Banco Interamericano de Desarrollo, 1997).

Podemos realizar una combinación de las definiciones anteriormente expuestas y definir a un indicador como: una serie de datos cuantitativos y/o cualitativos específicos, que sirven como medida de magnitud para cuantificar el logro de un objetivo.

Con base a los objetivos de la investigación y a los estudios y documentos revisados con anterioridad, se establecieron los indicadores a utilizar para medir el impacto de los proyectos de I+D, cada uno pensado bajo la idea de ser identificado de manera clara y ser susceptible de medición. Los indicadores se pueden dividir en dos clases: Indicadores específicos e indicadores transversales.

Indicadores específicos.

Estos son aquellos que afectan específicamente a un solo rubro dentro de un área determinada, estos indicadores, conforman la mayoría de los indicadores por evaluar en lo proyectos.

Indicadores Transversales.

En el documento “Metodología para la medición de la I+D en Áreas Transversales” se menciona que, en la actualidad los instrumentos de valoración deben contemplar elementos que son de corte horizontal, lo que hace que abarque varias áreas disciplinares. Es así como propone una metodología generalista para obtener información denominada Áreas Transversales.

Arber y otros definen al Área Transversal como “campos de producción de conocimiento que abarcan más de una de las categorías tradicionales utilizadas en la construcción de indicadores...” (Arber, y otros, 2010)

Este concepto se adoptó al presente trabajo, tomando en cuenta que existen indicadores que pueden impactar en más de una de las áreas previamente establecidas, lo que llevo, a llamar estos indicadores como “transversales”, en definitiva, estos tendrán un peso mayor sobre otros indicadores.

Debe señalarse que los indicadores establecidos a evaluar serán los mismos en la etapa ex post que los de la etapa ex ante. Esto debido a, como lo menciona el documento del CEPEP “La Evaluación Ex Post, en estricto sentido, es una comparación. La comparación entre lo planeado y lo que realmente sucedió” (Morín Maya & Alvarado Roldán, 2017). Por lo que, en ambas etapas los indicadores deberán ser los mismo para así poder establecer una comparación entre las dos fases de la evaluación de los proyectos de I+D.

Se realizo un arreglo matricial para presentar las áreas, rubros e indicadores que componen los elementos para la creación de las encuestas, así como también un arreglo matricial para los indicadores y su respectiva definición; de esta forma se puede visualizar de manera clara y sencilla.

Instrumento de evaluación

Encuesta Ex ante – Ex post

Una vez que se tuvieron claramente definidos los indicadores por evaluar, se continuo con la elaboración de los instrumentos de recopilación de información, en este caso, las encuestas propiamente. Tomando como referencia el arreglo matricial, se decidió, en principio, medir cada uno de los indicadores a través de la contestación de una simple pregunta, por ejemplo, el primer indicador “Formación de recursos humanos” se mediría contestando a la pregunta “¿Fomentará la formación de recurso humano calificado (técnico, profesional, posgrado)?” con un simple “SI o NO”, esto bajo la premisa de, construir una encuesta sencilla y practica de responder.

Una vez definidas las preguntas para la evaluación de cada uno de los indicadores, se generó una matriz en el programa informático Excel, la cual se dividía en tres columnas: a) indicador, b) pregunta a contestar, c) respuesta. En la columna “c” la respuesta se limitaría a responder SI o No.

Teniendo listas la encuesta ex ante y ex post, se solicitó el apoyo al Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA) para realizar una prueba piloto a dichas encuestas, se enviaron las encuestas vía correo electrónico a 3 investigadores encargados de diferentes proyectos de I+D, quienes laboran en dicho centro de investigación.

La prueba piloto, sirvió fuertemente de retroalimentación, pues los resultados arrojaron conclusiones contundentes, la mayoría de los investigadores habían contestado la encuesta ex ante de manera exageradamente positiva pues en todas las preguntas habían contestado un “SI” dando a entender que cada uno de los proyectos contaba con un potencial de impacto enorme, en la encuesta ex post fue en donde si existió un margen de diferencia entre los proyectos.

Claramente, la prueba piloto de la encuesta ex ante no arrojó datos relevantes para evaluar el proyecto de I+D y con ello diferenciar entre uno y otro. Fue así como, se decidió modificar las encuestas, los indicadores se seguirían midiendo a través de la contestación de preguntas, pero a diferencia de las primeras versiones, estas nuevas encuestas ampliaron la información solicitada a los investigadores, buscando un mayor grado de especificidad con respecto a los proyectos de I+D desarrollados.

Por ejemplo, en el indicador de “Formación de recursos humanos” la pregunta sería la misma “¿Fomentará la formación de recurso humano calificado (técnico, profesional, posgrado)?”, pero en caso de contestar SI, tendrían que contestar una segunda sección del mismo indicador, en donde se pide información acerca de “¿Qué tipo de recurso humano y cuantos aproximadamente?”.

Es así como, al momento de contestar las encuestas, los investigadores encargados de los proyectos de I+D, tendrán que pensar con mayor profundidad las respuestas que dan en cada indicador, puesto que en algunos de ellos se pide información más detallada. Así mismo, a cada una de las encuestas se incorporó un nuevo apartado, el cual hacía referencia al tiempo estimado en el cual algunos indicadores se lograrían cumplir.

Con estas modificaciones, no solo se reduce en cierto grado una sobrevaloración del impacto de los proyectos por parte de los investigadores, y se conserva la practicidad y sencillez del instrumento (encuesta), sino también brinda mayores elementos para la diferenciación entre los proyectos, logrando un mayor acercamiento a los impactos probables del proyecto por evaluar.

Trabajo de campo

Para obtener resultados de la presente metodología de evaluación de proyectos de I+D, se realizó una visita al CIQA en la ciudad de Saltillo, en el estado de Coahuila, México, los días 3 y 4 de junio del año 2018. En el caso particular, se realizaron encuestas cara a cara con dos investigadores responsables de proyectos de I+D, los cuales son desarrollados en dicho centro de investigación.

La primera encuesta fue realizada al Doctor Salvador Fernández, su proyecto de I+D se enfoca en el desarrollo de un nuevo material, conocido como “Grafeno”. El tiempo para responder exclusivamente a la encuesta, fue de aproximadamente 50 minutos, se observó una cierta dificultad para responder de manera concisa a algunas preguntas, ya que, en algunas de ellas respondía con un “SÍ”, pero al momento de pedir un poco de información más detallada, ratificaba su respuesta y se inclinaba por un “NO”, lo que demuestra que las modificaciones realizadas a las encuestas funcionaron. Se debe mencionar que, el proyecto del Doctor Fernández muestra un grado intermedio en la claridad de los objetivos que persigue, pues si bien resulta ser un proyecto con grandes aplicaciones aun no se enfoca en ninguna concretamente.

La segunda encuesta, fue realizada al Doctor Carlos Alberto Ávila, su proyecto de I+D se enfoca en la elaboración de nuevos filtros para el tratamiento de la hemodiálisis. Para este caso, el tiempo utilizado para responder exclusivamente a la encuesta, fue de aproximadamente 30 minutos, a diferencia de la encuesta realizada al Doctor Salvador, la del Doctor Ávila, fue con un mayor grado de fluidez, pues se notó un grado mayor de claridad en los objetivos y resultados que se querían obtener con dicho proyecto de I+D.

Debido al escaso tiempo con el cual cuentan los investigadores en el centro de investigación, en ambos casos solo se pudo realizar la encuesta ex ante, quedando la opción de contestar la encuesta ex post a través de algún medio digital.

Método de valoración “Esferas”

Si bien con las modificaciones realizadas a las encuestas, se disminuye en cierto grado la subjetividad por parte de los investigadores, está aún sigue estando presente en las respuestas dadas, puesto que quien responde a las preguntas de evaluación es juez y parte, con lo que se corre el riesgo de que exista un sesgo considerable con respecto al verdadero potencial de impacto de los proyectos. Con la intención de resolver en algún grado esta problemática, se creó un método de valoración para las respuestas dadas.

El método de valoración de esferas consiste en, agrupar en cuatro grandes áreas llamadas “esferas”, los indicadores evaluados mediante las encuestas. Las cuatro esferas establecidas son:

- a) Política tecnológica-científica. Agrupa los indicadores que afectan directamente a la cuestión del desarrollo de ciencia.
- b) Política económica. Agrupa los indicadores que afectan al país en sus aspectos más generales.

- c) Política social-ambiental. Agrupa los indicadores que afectan de manera mas directa a la sociedad y al medio ambiente.
- d) Política industrial-empresarial. Agrupa indicadores que afectan de manera mas directa al sector productivo del país.

Es así como, los 28 indicadores por evaluar se distribuyen entre las 4 esferas de valoración. Cada esfera, a su vez, contiene un número determinado de indicadores por evaluar, existiendo indicadores generales, que se refieren exclusivamente a la esfera en cuestión, e indicadores transversales, que están asociados con otras esferas, se debe notar que estos últimos indicadores aportan mayores puntos a la evaluación del proyecto de I+D.

Cada una de las esferas tiene una ponderación y en conjunto representan el 100% de la evaluación, por ejemplo, la primera esfera puede tener una ponderación del 10%, mientras que la segunda una de 20%, en total las ponderaciones de las esferas representarán el 100%, cabe mencionar que la ponderación se puede adecuar dependiendo de a qué esfera o ámbito se le quiere dar mayor énfasis, lo que hace de la metodología una con característica de flexibilidad.

Para el presente trabajo se utilizó la siguiente ponderación.

- A) Esfera “política tecnológica-científica”. Ponderación 10%.
- B) Esfera “política económica”. Ponderación 35%.
- C) Esfera “política social-ambiental”. Ponderación 35%.
- D) Esfera “política industrial-empresarial”. Ponderación 20%.

Las esferas consisten en arreglos matriciales, en donde existen básicamente 4 columnas: en la primera columna se encuentra el nombre de la esfera; en la segunda columna se encuentra el indicador por valorar, en la tercera columna se encuentra el puntaje máximo que se puede obtener en cada indicador con base a las respuestas dadas en las encuestas; en la cuarta columna se encuentra el puntaje obtenido en la encuesta para cada indicador.

Se creo una rubrica a manera de matriz, en donde se visualiza la ponderación, el puntaje, que otorga cada una de las respuestas dadas a las encuestas, así como el puntaje máximo que se puede obtener en cada uno de los indicadores por evaluar, entre otros datos.

Se prosigue con la suma de las calificaciones ponderadas de cada una y el resultado es la calificación final del proyecto de I+D evaluado en cada caso, esto en una escala de 1 a 100, en donde el 1 es la peor calificación y el 100 la mejor calificación.

Las ventajas que ofrece este método de valoración son:

- i) Lo puede realizar una persona externa, que no esté involucrada dentro del proyecto de I+D por evaluar.

- ii) Elimina en cierto grado la sobrevaloración de los proyectos, puesto que no todos los indicadores otorgan la misma cantidad de puntos a la calificación.
- iii) Ayuda a visualizar de manera practica en que área (científica, social, industrial, económica) el proyecto en cuestión tiene mayor impacto y en cual menos. Lo que puede servir de guía para una retroalimentación.

Estudios de caso y Resultados

Como se mencionó con anterioridad, se realizaron encuestas con dos responsables de proyectos, Carlos Alberto Ávila y Salvador Fernández, ambos, doctores investigadores del Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). A continuación, se presentan parcialmente los resultados de la evaluación realizada a cada uno de los proyectos.

Proyecto Grafeno

El Dr. Fernández se encuentra desarrollando el proyecto Grafeno, que se refiere a un nuevo material, con una alta gama de probables aplicaciones. Los resultados que obtuvo como evaluación en cada una de las esferas, se presentan en las siguientes tablas

Tabla 2. Evaluación de la esfera i. Elaboración propia.

Ponderación	10%	Indicador	puntaje máximo	puntaje obtenido	
Esfera "Política tecnológica-científica"		Formación de recursos humanos especializados/calificados	12	9	Calificación ponderada obtenida en la esfera
		Flujo de efectivo	3	3	
		Desarrollo de conocimientos científicos	9	9	
		Permite la incorporación de egresados al Centro de Investigación	3	3	
		Infraestructura del centro de investigación	3	3	
		Capacidad de los recursos humanos calificados	3	3	
		Generación de nuevos conocimiento	3	3	
		Creación de redes de conocimiento/tecnología	6	6	
		Vinculación con empresas	6	0	
		Total de puntos	48	39	

Tabla 3. Evaluación esfera ii. Elaboración propia.

Ponderación	35%	Indicador	puntaje máximo	puntaje obtenido	
Esfera "Política económica"		Creación de nuevos empleos	6	0	Calificación ponderada obtenida en la esfera
		Vinculación con empresas y/u organismos	6	3	
		Nuevos mercados	3	3	
		Generación de riqueza	3	3	
		Total de puntos	18	9	

Tabla 3. Evaluación esfera iii. Elaboración propia.

Ponderación	35%	Indicador	puntaje máximo	puntaje obtenido		
Esfera "Política social-ambiental"		Creación de nuevos empleos	6	0	Calificación ponderada obtenida en la esfera	
		Flujo de efectivo	3	3		
		Nuevos productos/servicios	6	3		
		Impacto ambiental (producto)	3	0		
		Impacto ambiental (proceso)	12	3		
		Colabora a una producción sostenible.	3	3		
		Nuevos mercados	3	3		
		Mejora en precio/calidad	3	3		
		Impacto social	27	12		
		Mayor accesibilidad	3	3		
		Puede combinarse con métodos tradicionales.	3	3		
		Total de puntos	72	36		18%

Tabla 4. Evaluación esfera iv.

Elaboración propia.

Ponderación	20%	Indicador	puntaje máximo	puntaje obtenido
Esfera "Política industrial-empresarial"		Creación de nuevos empleos	6	0
		Nuevos productos/servicios	6	3
		Impacto ambiental (producto)	3	0
		Impacto ambiental (proceso)	12	3
		Vinculación con empresas y/u organismos	6	3
		Formación de recursos humanos especializados/calificados	12	9
		Colabora a una producción sostenible.	3	3
		Nuevos productos/servicios dentro de la empresa	3	0
		Aumenta la productividad	3	0
		Ventaja competitiva	3	0
		Acceso y transferencia de conocimientos/tecnología	3	3
		Implica un descenso de los insumos de producción	15	3
		Sustitución de importaciones	3	3
		Permite la diversificación/integración industrial	3	3
		Total de puntos	81	33

Calificación ponderada obtenida en la esfera	8%
--	----

El resultado de la evaluación en cada una de las esferas permite visualizar el área en donde el proyecto de I+D tiene mayor potencial de impacto ponderado. En este caso en particular, el proyecto tiene mayor potencial en la parte científica, mientras que el menor impacto lo muestra en el parte de la política industrial-empresarial.

A continuación, se da a conocer, la calificación final que obtuvo el proyecto del Dr. Fernández, en la evaluación ex ante, con respecto al potencial de impacto socioeconómico.

Calificación final proyecto "Grafeno"

Calificación máxima total	100%
Calificación total obtenida por el proyecto	51%

Como se observa, el proyecto del Grafeno obtuvo poco más de la mitad de la calificación posible.

Proyecto de filtros para hemodiálisis a cargo del Doctor Ávila

Proyecto Filtros para hemodiálisis.

El Dr. Ávila se encuentra desarrollando el proyecto "Filtros hemodiálisis", que se enfoca principalmente a la creación de mejores filtros para hemodiálisis, a diferencia del primer proyecto evaluado, este presenta una claridad mayor en los objetivos que persigue. Los resultados que obtuvo como evaluación en cada una de las esferas, se presentan de manera parcial en las siguientes tablas

Tabla 5. Evaluación de la esfera ii.

Elaboración propia.

Ponderación	35%	Indicador	puntaje máximo	puntaje obtenido	
Esfera "Política económica"		Creación de nuevos empleos	6	6	Calificación ponderada obtenida en la esfera
		Vinculación con empresas y/u organismos	6	6	
		Nuevos mercados	3	3	
		Generación de riqueza	3	3	
		Total de puntos	18	18	

Tabla 6. Evaluación de la esfera iv.

Elaboración propia.

Ponderación	20%	Indicador	puntaje máximo	puntaje obtenido	
Esfera "Política industrial-empresarial"		Creación de nuevos empleos	6	6	Calificación ponderada obtenida en la esfera
		Nuevos productos/servicios	6	3	
		Impacto ambiental (producto)	3	0	
		Impacto ambiental (proceso)	12	3	
		Vinculación con empresas y/u organismos	6	6	
		Formación de recursos humanos especializados/calificados	12	4	
		Colabora a una producción sostenible.	3	3	
		Nuevos productos/servicios dentro de la empresa	3	3	
		Aumenta la productividad	3	3	
		Ventaja competitiva	3	3	
		Acceso y transferencia de conocimientos/tecnología	3	3	
		Implica un descenso de los insumos de producción	15	6	
		Sustitución de importaciones	3	3	
		Permite la diversificación/integración industrial	3	3	
	Total de puntos	81	49	12%	

En este caso en particular, el proyecto tiene un potencial elevado de impacto en el área de “política económica” pues prácticamente logra cada uno de los indicadores en ella, mientras que el menor impacto lo muestra en el parte de la política industrial-empresarial.

La calificación final que obtuvo el proyecto del Dr. Ávila, en la evaluación ex ante, con respecto al potencial de impacto socioeconómico, se presenta a continuación.

Calificación final proyecto “Filtros hemodiálisis”.

Calificación máxima total	100%
Calificación total obtenida por el proyecto	68%

Se observa que, el proyecto del Dr. Ávila, obtuvo poco más de dos terceras partes de la máxima calificación posible, lo que lo posiciona en un mejor lugar que el del Dr. Fernández. Gracias al formato de presentación de los resultados de la evaluación de los proyectos, se pueden comparar las fortalezas de cada uno en cuestión de indicadores y esferas, así como también, se pueden observar las áreas de oportunidad que cada uno de ellos presenta.

Conclusiones.

La ciencia y la tecnología juegan un papel determinante para el desarrollo y crecimiento económico de las naciones. La tendencia a nivel mundial es darles un impulso importante, ya sea a través de gasto público por parte de los gobiernos, pero principalmente por medio de

inversión de la iniciativa privada, esto como consecuencia, de la escasez de recursos del estado.

En México, la ciencia y la tecnología comenzaron a tener mayor importancia en las últimas décadas del siglo XX. En la actualidad, nuestro país invierte menos del 1% del PIB en el sistema de ciencia y tecnología. Si bien los esfuerzos tratan de alcanzar el objetivo de invertir el 1% del PIB para los próximos años, el panorama se visualiza difícil.

Sabemos que los recursos públicos, con los que el gobierno financia cada uno de los sectores de la economía son escasos, he aquí la importancia de usar dichos recursos (humanos, financieros, materiales) de la forma más eficiente. En el caso del Sistema Mexicano de Ciencia y Tecnología, los recursos son distribuidos entre los diversos proyectos de Investigación y Desarrollo.

Dichos proyectos, deben de justificar la inversión que se hace en ellos. Sin embargo, aún no existe una herramienta que ayude a priorizar un proyecto sobre otro. En la teoría, se debe dar prioridad a aquel proyecto que genere un impacto socio económico mayor al país, estado o región.

La metodología desarrollada en el presente trabajo, para evaluar los proyectos de I+D, se adecua de manera positiva a las necesidades del Sistema Mexicano de Ciencia y Tecnología, ayudando a tener elementos de comparación entre proyectos, teniendo definidos tanto su nivel de potencial de impacto socioeconómico, como el hecho de conocer las áreas más fuertes en cada uno de ellos. Esto debe ayudar a tomar decisiones con respecto al futuro que cada uno de los proyectos de I+D tendrá que seguir.

Así mismo, presenta una herramienta practica para llevar dichas evaluaciones, tanto ex ante como ex post, lo cual elimina el inconveniente del factor “tiempo invertido” por parte de los investigadores, evitándoles una mayor carga de trabajo.

Si bien la parte ex ante de la metodología planteada, sugiere un contenido mayormente subjetivo, derivado del hecho de que las encuestas sean contestadas por los mismos encargados de los proyectos de I+D, esto se trata de compensar a través de una técnica de valoración a las respuestas dadas, que resulta ser externa y no conocida por los investigadores. La metodología, aún no se ha evaluado en su etapa ex post, pues para ello se necesita que alguno de los proyectos evaluados da manera ex ante, sea implementado y con ello, comparar el impacto real generado, con el impacto esperado. De esa forma se podrá saber que tanto se acercó realmente la evaluación ex ante a la evaluación ex post y, en caso de ser necesario ir haciendo mejoras en ambas partes de la metodología.

Bibliografía

- Aleixandre, G., Cáceres, S., Gómez, F., Miguel, L., Moñux, D., & Velasco, E. (2006). “Evaluación del impacto social de proyectos de Investigación y Desarrollo Tecnológico (I+D): Una aplicación en el sector de las comunicaciones industriales”. Consultada en <https://www.oei.es/historico/memoriasctsi/mesa6/m06p17.pdf> (fecha de consulta 02-05-2018).
- Arandas, D. M. (2014). “METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS DE PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN”. Consultada en <https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/Public/45/078/45078486.pdf> (fecha de consulta 12-03-2018).
- Arber, G., Balsells, S., Baringoltz, E., Barrere, R., Bassotti, F., Bernheim, R., . . . Vila, M. (2010). “Metodología para la medición de la I+D en Áreas Transversales”. Consultada en <http://www.ricyt.org/files/Metodologia%20para%20la%20medicion%20de%20la%20I+D%20en%20areas%20transversales.pdf> (fecha de consulta 22-04-2018).
- Gobierno de la República. (2013). “Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018”. Consultada en http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5299465 (fecha de consulta 25-04-2018).
- México, México.
- Gómez, M. (2015). “Criterios de evaluación de los proyectos de investigación. Retos y excelencia a través de los informes de evaluadores”. Consultada en [http://investigacion.ugr.es/ugrinvestiga/pages/doc_ugrcifras/criteriosdevaloracion21docx/!](http://investigacion.ugr.es/ugrinvestiga/pages/doc_ugrcifras/criteriosdevaloracion21docx/) (fecha de consulta 26-04-2018).
- Guadarrama, V.H. & Manzano, F. J. (2016). “Indicadores de Ciencia, Tecnología e Innovación”. Consultada en http://www.foroconsultivo.org.mx/libros_editados/INDICADORES_CTI.pdf. (fecha de consulta 05-03-2018).
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2003). Manual de Frascati 2002. Consultada en http://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Investigacion/FICHEROS/ManuaFrascati-2002_sp.pdf (fecha de consulta 09-05-2018).