

Efectividad y eficiencia de la investigación tecnológica en la universidad

Arias, Fidias¹

Colegio Universitario de Caracas
fidias20@hotmail.com

RESUMEN

El presente artículo analiza los conceptos de efectividad y eficiencia de la investigación tecnológica que se realiza en las universidades. Para cumplir con dicho objetivo, se realizó una investigación documental de carácter monográfico (Arias, 2016), basada en el análisis de obras clásicas de reconocidos autores como Ander-Egg (1980), Bunge (1981), Morles (2002) y Sabino (2000), así como obras recientes de Bello (2006), Cegarra Sánchez (2004) y García Córdoba (2005), con la finalidad de precisar los conceptos de ciencia, tecnología, investigación científica (básica y aplicada), desarrollo tecnológico e investigación tecnológica, término que se considera equivalente a Investigación más desarrollo (I+D). Luego se plantea la necesidad de fijar criterios que permitan evaluar la investigación tecnológica en la universidad. Para finalizar, como resultado del examen de la bibliografía consultada, se construyen y proponen indicadores de efectividad y eficiencia aplicables a cualquier proyecto tecnológico.

Palabras clave: efectividad, eficiencia, ciencia, tecnología, investigación científica, investigación tecnológica.

Effectiveness and efficiency of technological research at the university

ABSTRACT

This article analyzes the concepts of effectiveness and efficiency of technological research carried out in universities. In order to fulfill this objective, a documentary research of a monographic character (Arias, 2016) was carried out, based on the analysis of classic works of recognized authors like Ander-Egg (1980), Bunge (1981), Morles (2002) and Sabino 2000), as well as recent works by Bello (2006), Cegarra Sánchez (2004) and García Córdoba (2005), in order to clarify the concepts

¹Doctor en Ciencias Sociales, Magister Scientiarum en Educación, Docente Titular jubilado del Colegio Universitario de Caracas (CUC), Premio Nacional del Libro (2006), Venezuela.

of science, technology, scientific research (basic and applied), technological development and technological research, Term that is considered equivalent to Research plus development (R & D). Then it is necessary to establish criteria that allow the evaluation of technological research in the university. Finally, as a result of the examination of the bibliography consulted, indicators of effectiveness and efficiency applicable to any technological project are constructed and proposed.

Keywords: effectiveness, efficiency, science, technology, scientific research, technological research.

Introducción

El presente artículo se propone analizar los conceptos de efectividad y eficiencia de la investigación tecnológica en el ámbito universitario, entendida esta como una actividad de ciencia y tecnología dirigida a la producción de bienes y servicios. En este sentido, todo proceso productivo debe considerar los costos de inversión: insumos, materiales, componentes y el tiempo empleado en relación con el producto terminal o prototipo generado. No basta con investigar o producir tecnología, hay que hacerlo con efectividad o garantía de la consecución de los objetivos, y con eficiencia o cumplimiento al menor costo posible sin menoscabo de la calidad del resultado final.

Para el logro del propósito planteado, se hizo una investigación documental de carácter monográfico (Arias, 2016), mediante la revisión exhaustiva de obras clásicas y recientes donde se exponen los conceptos de ciencia, tecnología, investigación básica o pura, investigación aplicada e investigación tecnológica, con la finalidad de precisar su significado y diferencias con otros términos. Sobre todo cuando se tiende a confundir la noción de investigación aplicada con la investigación tecnológica.

Por otra parte, se definen los conceptos de efectividad y eficiencia aplicados al proceso de investigación tecnológica, particularmente en el medio universitario, donde a diferencia de la industria, existen limitaciones presupuestarias y obstáculos

burocráticos que dificultan la obtención de ingresos propios que permitan financiar y reinvertir en nuevos proyectos.

Como un aporte de este trabajo se aspira contribuir a una precisión conceptual y terminológica de los vocablos relacionados con las actividades de ciencia y tecnología, además de proponer nuevos indicadores para la evaluación de la efectividad y de eficiencia de la investigación tecnológica en las universidades.

Las actividades de ciencia y tecnología (CyT)

Ciencia y tecnología son actividades diferentes, dado que tienen fines y métodos distintos. No obstante, son labores estrechamente vinculadas y de mutuo apoyo. Es decir, la tecnología se fundamenta en los conocimientos científicos e históricamente, la ciencia se ha desarrollado, en gran parte, gracias a la tecnología que le suministra herramientas de investigación cada vez más avanzadas: microscopios, telescopios, programas de computación (software).

La ciencia

En principio, la ciencia es conocimiento cierto y probable, mientras que la tecnología es producción tangible (material) o intangible (procesos), mediante el uso del conocimiento científico. En palabras de Bunge (1981), la ciencia es un cuerpo creciente de ideas “que puede caracterizarse como conocimiento racional, sistemático, exacto, verificable y por consiguiente falible” (p. 9).

Para el autor de este artículo:

“La ciencia es un conjunto de conocimientos verificables, sistemáticamente organizados y metodológicamente obtenidos, relativos a un determinado objeto de estudio o rama del saber” (Arias, 2016, p. 17).

Los fines de la ciencia son la descripción, explicación y predicción de los fenómenos, tanto naturales como sociales. Sus métodos están dirigidos al descubrimiento y búsqueda de nuevos conocimientos y varían según la disciplina,

por cuanto desde hace varias décadas se reconoce y acepta que el denominado *método científico no es la única vía* para la obtención de conocimientos válidos y confiables.

La tecnología

Mientras que la ciencia es conocimiento intangible, la tecnología es aplicación y producción. En este sentido:

La tecnología es una actividad social centrada en el saber hacer que, mediante el uso racional organizado, planificado y creativo de los recursos materiales y la información propios de un grupo humano, en una cierta época, brinda respuesta a las necesidades y a las demandas sociales en lo que respecta a la producción, distribución y uso de bienes, procesos y servicios. La tecnología nace de necesidades, responde a demandas e implica el planteo y la solución de problemas concretos, ya sea de las personas, empresas, instituciones o del conjunto de la sociedad (Ministerio de Cultura y Educación de la Nación Argentina, citado por Martinet, Lafortiva y Martinet, 1997, p. 11).

Para Arias (2016):

“La tecnología es la actividad que utiliza los conocimientos generados por la ciencia aplicada para satisfacer necesidades mediante la producción de bienes y servicios” (p. 17).

Mientras que Bello (2006) expresa:

“La tecnología pasaría a definirse como un conjunto de técnicas, cuyo estatuto de origen se apoya en la ciencia y se integran en función de generar prácticas de mayores funciones de producción” (p. 8).

En síntesis, la tecnología es aplicación del conocimiento científico con fines productivos y sus métodos son particulares de cada área (electrónica, farmacéutica, computación, construcción de obras civiles, entre muchas otras), pero enfocados en el *diseño, fabricación y prueba* de prototipos.

Tecnologías duras

“Son la que tienen como propósito la transformación de la materia para la producción de objetos o artefactos” (Martinet, Lafortiva y Martinet, 1997, p. 12).

Las tecnologías duras se dividen en dos grupos:

- a) Las que generan objetos a partir de acciones físicas sobre la materia: textil, mecánica y de materiales.
- b) Las que emplean procesos químicos y/o biológicos: biotecnología, genética y agroquímica (Martinet, Lafortiva y Martinet, ídem).

Tecnologías blandas

Las tecnologías blandas o gestionables se caracterizan porque su producto no es un objeto tangible, sino que pretenden mejorar el funcionamiento de las instituciones y organizaciones para el cumplimiento de sus objetivos. Dichas organizaciones pueden ser empresas públicas o privadas de cualquier sector: industrial, comercio o servicios (Ferraro y Lerch, 1997; Martinet, Lafortiva y Martinet, 1997). Este tipo de tecnología ha sido denominada por Morles (2002) como tecnología social.

Ejemplos: tecnología educativa, tecnología sanitaria o de salud, tecnología organizacional, desarrollo de software, diseño de procedimientos y sistemas administrativos.

Una vez definidos los conceptos de ciencia y tecnología, se pueden identificar las actividades comunes a estos campos:

1. Investigación básica o pura
2. Investigación aplicada
3. Desarrollo tecnológico, también llamado desarrollo experimental.
4. Investigación tecnológica o Investigación más Desarrollo Tecnológico (I+D).

La investigación científica

En términos generales, la investigación es la búsqueda del conocimiento para responder interrogantes científicas. Es importante aclarar que la investigación científica no es exclusiva de las ciencias naturales y exactas. En las ciencias sociales y humanas también se realiza investigación de carácter científico pero con métodos propios de indagación y validación del conocimiento. Por ejemplo, en Biología y Química se utiliza, predominantemente, el método experimental propio del paradigma positivista. Mientras que en Sociología y Antropología existe una tendencia creciente a emplear métodos cualitativos como la etnografía y la hermenéutica.

Según su propósito, la investigación científica se clasifica en investigación básica o pura e investigación aplicada (Arias, 2016; Cegarra Sánchez, 2004; Sabino, 2000).

Investigación básica o pura

La *investigación básica o pura* es aquella dirigida a incrementar los enunciados teóricos de una determinada ciencia mediante la formulación de hipótesis, teorías y leyes científicas, por lo que implica una labor de *descubrimiento y teorización*. En esta modalidad "... el investigador no se plantea otro fin que la ampliación del conocimiento del universo, es decir, el puro avance científico, el conocimiento por sí mismo" (Primo, Yúfera, 1994, p. 19).

En otras palabras, *la investigación básica pretende generar conocimientos, sin priorizar su utilidad y aplicación a corto plazo. Busca el saber por la necesidad de conocer más. No obstante, constituye el sustento teórico de la investigación aplicada.*

Ejemplos:

Un trabajo significativo de investigación básica en el campo de la Astronomía, es el realizado por la venezolana *Yara Jaffe*, quien...

Se dedica a estudiar la formación y evolución de las galaxias, desde su nacimiento en tiempos remotos hasta su eventual muerte. Hay muchos tipos de galaxias (espirales, elípticas, etc.) y éstas se distribuyen en el cosmos en grupos, filamentos y vacíos. Las galaxias en grupos y cúmulos son muy distintas a las galaxias que viven aisladas del resto. La investigación de Yara se enfoca en entender el efecto del entorno en la vida de las galaxias. (Delgado, 2016)

Otra investigación básica en el área de Biología que merece ser destacada, es la que lleva a cabo la venezolana *Patricia Salerno*, “cuyo trabajo se enfoca en términos generales, en intentar entender patrones de distribución y endemismo de especies, así como caracterizar la vulnerabilidad de poblaciones y de especies a cambios antropogénicos del paisaje y al cambio climático.” (Delgado, 2016)

Investigación aplicada

Este tipo de investigación genera conocimientos que pueden ser utilizados en la solución de problemas prácticos. La investigación aplicada utiliza como punto de partida y sustento el conocimiento suministrado por la investigación básica, pero sus resultados son empleados de forma inmediata, a corto o a mediano plazo, para solventar problemas sociales, administrativos, educativos, de salud, entre otros.

En algunos casos se tiende a confundir la investigación aplicada con proyectos del área de planificación económica y social, proyectos de inversión y proyectos pedagógicos, los cuales, en el medio universitario venezolano han sido denominados “*proyectos factibles*” (cuyo objetivo es la formulación de una propuesta de solución a un problema práctico, mas no el descubrimiento y generación de conocimientos).

Pero como ha sido aclarado en ocasiones anteriores, esta modalidad de proyectos *no es un tipo de investigación*, sino un instrumento o *herramienta de la planificación* (Ander-Egg, 1980, 2007; Arias, 2006; Cerda, 2001; ILPES, 2006). No obstante, “...la formulación de un proyecto recurre a la investigación aplicada (de campo o documental) la cual proporciona los conocimientos de utilización inmediata que sustentan la propuesta” (Arias, 2006, p. 33).

La relación entre la formulación de proyectos como actividad fundamental de la planificación y la investigación aplicada, radica en que ésta última constituye una etapa esencial del proceso de planificación, además de la programación, ejecución y evaluación (Ander-Egg, 1980, 2007; Arias, 2006; Cerda, 2001).

Por otra parte, la investigación aplicada, a diferencia de la investigación tecnológica (I+D), no implica necesariamente, una acción inmediata o la formulación de una solución. Los diagnósticos sociales y educativos son investigaciones aplicadas, pero la intervención o solución a corto plazo, muchas veces no depende de la voluntad del investigador. En consecuencia, la investigación aplicada no es simple aplicación ni elaboración de propuestas, es la *búsqueda y generación de conocimientos aplicables a corto o mediano plazo*.

Un buen ejemplo de investigación aplicada es el diagnóstico nutricional, antropométrico y dietario en niños y adolescentes de Valencia, estado Carabobo, realizado por Acuña y Solano (2004), quienes concluyen que “la encuesta de consumo permitió identificar el alto grado de vulnerabilidad alimentaria de todos los grupos convirtiendo a la encuesta de consumo en una herramienta útil y necesaria que complementa la información antropométrica”.

En este sentido, el conocimiento generado puede emplearse a corto o mediano plazo para diseñar e implementar programas de educación alimentaria y nutricional en dicha comunidad.

Investigación tecnológica

La investigación tecnológica, por su finalidad y métodos, difiere de la investigación científica. Mientras que la investigación científica busca nuevos conocimientos acerca de la realidad, la investigación tecnológica los obtiene para transformarla (García Córdoba, 2005). Así mismo, esta modalidad ha sido considerada como sinónimo de investigación aplicada. Sin embargo, es mucho más que esta última. Aun cuando su origen es muy antiguo e indeterminado, este tipo de indagación ha contribuido en gran medida al desarrollo y progreso de la humanidad. Pero ¿qué se entiende por investigación tecnológica? Para el autor del presente artículo:

La investigación tecnológica es la búsqueda y obtención de nuevos conocimientos prácticos y aplicables a corto plazo en la creación, producción o desarrollo de bienes y servicios innovadores, artefactos, nuevos materiales, prototipos, maquinarias o procedimientos que contribuyan a resolver problemas, satisfacer necesidades y mejorar la calidad de vida de la sociedad.

En consecuencia, se entenderá la investigación tecnológica como equivalente a la conocida expresión I+D, es decir, *Investigación más Desarrollo Tecnológico*, por cuanto combina estas dos fases fundamentales. En este sentido, se define el desarrollo tecnológico como aquella “actividad basada en la utilización del conocimiento científico para la producción de aparatos, materiales y prototipos, o para la mejora de los ya existentes” (Arias, 2006, p.77). El desarrollo tecnológico también se ha denominado *desarrollo experimental*, por cuanto los desarrollos (prototipos generados) son sometidos, constantemente, a pruebas y experimentos para evaluar su funcionamiento.

Esta postura coincide con lo expuesto por Martínez y Albornoz (1998) quienes señalan que la investigación tecnológica es “llamada tradicionalmente *investigación aplicada más desarrollo experimental*” (p 279).

La investigación tecnológica tendría como finalidad solucionar problemas o situaciones que el conocimiento científico consolidado como tecnología demanda: por lo tanto no sería su finalidad descubrir nuevas leyes, y causalidades, sino la de reconstruir procesos en función de descubrimientos ya realizados. La investigación científica produciría el conocimiento básico del comportamiento de los factores, mientras que la tecnología produciría sistemas, equipos, programas para solucionar y prever consecuencias (Bello, 2006, p. 2).

Desarrollo tecnológico

También denominado *desarrollo experimental*, utiliza el conocimiento científico existente, generado por la investigación básica y aplicada, para la invención o creación de nuevos productos y procesos. El invento o producto generado no es el conocimiento intangible, es un resultado material. En este caso no se cumple la etapa inicial de investigación porque el conocimiento necesario ya existe. “No hay más que explorarlo, asimilarlo y utilizarlo. La producción tecnológica japonesa ha sabido utilizar, extensamente y con gran provecho, los conocimientos científicos producidos en Occidente” (Primo Yúfera, 1994, p.20).

En otras palabras, aun cuando las actividades de ciencia y tecnología deben estar siempre unidas y estrechamente vinculadas, en algunos países se inclinan más hacia una determinada actividad a la que dedican mayor tiempo y recursos. En este sentido, existen naciones donde predomina la investigación básica por encima de la investigación aplicada y del desarrollo tecnológico, y viceversa. Por ejemplo, como se refleja en el Informe de la UNESCO sobre la Ciencia (2015), en Estados Unidos, Alemania, Reino Unido, Francia y Canadá, se concede prioridad a la investigación básica, mientras que en Japón, Corea del Sur, India y China, se prioriza la investigación aplicada más desarrollo tecnológico (I+D).

La también empleada denominación de *desarrollo experimental*, responde a que el aparato, material o prototipo generado, se somete a una serie de pruebas y

de condiciones impuestas por los investigadores (variables independientes) para observar cómo funciona o reacciona ante tales factores o condiciones. Es decir, se *experimenta con el prototipo* antes de su producción en serie o a gran escala.

Un ejemplo muy ilustrativo de desarrollo tecnológico es el presentado por el Ingeniero venezolano Oscar Chang, quien desarrolló un software para identificar células cancerígenas en menos de un minuto. El producto consiste en...

... un programa de visión artificial avanzado, asistido por computador, para utilizarlo específicamente en pruebas de raspado suave del cuello uterino, mejor conocido como Papanicolaou para así identificar células malignas. "Un técnico se demora unos 20 minutos analizando una muestra de Papanicolaou; con este programa lo podemos hacer en un minuto. Otra de las ventajas es que no cansa la vista del técnico, por lo que no se acumulan las muestras y se realizan los diagnósticos más rápidos, lo que ayuda a tratar a tiempo el cáncer si se descubren las células", explica Chang. El sistema es un software desarrollado por el venezolano, el cual funciona a través de una red de neuronas artificiales. (Contreras, 2016)

¿Por qué la investigación tecnológica es equivalente a I+D?

Porque sin la etapa de desarrollo tecnológico no se cumpliría la condición de *inventar, hacer, producir y transformar*. Es decir, sin desarrollo la investigación tecnológica estaría limitada a ser simplemente una investigación aplicada generadora de un conocimiento práctico que puede ser empleado o no. Entonces, a diferencia de la investigación aplicada, la investigación tecnológica no se limita a la obtención de conocimientos prácticos y elaboración de diagnósticos, sino que también debe generar un producto tecnológico: prototipo, aparato, dispositivo, sistema o procedimiento.

La investigación tecnológica (I+D), al sumar estas etapas, constituye un claro ejemplo de combinación de métodos, técnicas y actividades para la solución de un problema determinado y la satisfacción de necesidades.

Un caso emblemático de investigación tecnológica en Venezuela, fue la realizada por el Dr. Jacinto Convit, quien investigó en profundidad y desarrolló las vacunas contra la Lepra y la Leishmaniasis Cutánea.

Para Convit, la Lepra y la Leishmaniasis, compartían aspectos clínicos, histopatológicos e inmunológicos, por lo que sugirió la posibilidad de que se pudiera usar una aproximación similar. En un estudio experimental sobre 94 pacientes durante 12 meses, el médico logró comprobar la efectividad de su tecnología obteniendo 94% de curación en los casos tratados (BBC Mundo, 2016).

Otro ejemplo de relevancia es la investigación y desarrollo de un vidrio “ultra duro”, es decir, con una resistencia comparable a la del hierro y acero, realizada actualmente en Japón, por el venezolano Gustavo Rosales.

Investigación aplicada vs investigación tecnológica

Como se ha expresado anteriormente, la investigación aplicada se suele considerar como investigación tecnológica por lo que se hace necesario precisar sus diferencias como se muestran en el Cuadro 1:

Cuadro 1. Diferencias entre la investigación aplicada y la investigación tecnológica

INVESTIGACIÓN APLICADA	INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA
Obtiene conocimientos prácticos. Es una actividad de <i>búsqueda de conocimientos</i> .	Genera conocimientos prácticos y además productos tecnológicos. Es una actividad de <i>búsqueda y aplicación</i> de conocimientos para la producción.
Responde interrogantes científicas para diagnosticar problemas y necesidades sociales.	Diagnostica y además produce para satisfacer demandas materiales de la sociedad.
Los conocimientos se pueden aplicar a corto o mediano plazo.	Los conocimientos se emplean de forma inmediata o a corto plazo.
Utiliza métodos, técnicas y procedimientos propios de la investigación científica en cada disciplina.	Combina métodos, técnicas y procedimientos tanto de investigación como específicas para el desarrollo,

	construcción y prueba de artefactos y prototipos.
No necesariamente genera rentabilidad o beneficio económico.	Debe ser rentable y generar beneficios financieros.

Fuente: elaboración propia (2017)

Sobre el último aspecto del cuadro anterior, la rentabilidad financiera se presenta fundamentalmente en la investigación tecnológica típica de áreas como ingeniería, biotecnología y computación, entre muchas otras, de las que se espera una ganancia o rentabilidad de la inversión realizada en la investigación. Como señala Cegarra (2004), la investigación tecnológica o investigación más desarrollo tecnológico (I+D) genera “artefactos o procesos con el objeto de ofrecerlos al mercado y obtener un beneficio económico” (p. 50). Así mismo, el mencionado autor agrega que la investigación tecnológica debe “ser rentable desde el punto de vista financiero” (p. 54). En este caso, la relación costo-beneficio es *monetaria* y determinante para el otorgamiento de financiamiento de proyectos tecnológicos.

Evaluación de la investigación tecnológica

La investigación tecnológica como cualquier actividad productiva requiere de una inversión en recursos humanos, materiales y financieros. De allí que los financistas, sean universidades, organizaciones públicas o privadas u otros entes, deban ajustar cuidadosamente los presupuestos que destinan a las actividades de ciencia y tecnología con la finalidad de mantener el mayor número posible de proyectos. “Ello lleva necesariamente a considerar, de una forma global, la eficiencia del sistema para llevar a término la investigación o la innovación tecnológica y también la *evaluación* de los resultados de éstas” (Cegarra, 2004, p. 242).

Evaluar la investigación tecnológica implica, no sólo estimar la pertinencia y calidad de los productos y servicios resultantes, sino también se debe considerar cuánto tiempo y recursos se invirtieron durante ese proceso, es decir la efectividad

y eficiencia, aspectos que han sido abordados, entre otros por Farías y Franco (2013), y Saladrigas y Sacristán (2004).

Dificultades para la evaluación de la investigación tecnológica en las universidades

La investigación tecnológica que se realiza en las universidades venezolanas, por lo general, no es comercializada, por lo que se hace difícil calcular el retorno de la inversión realizada en los proyectos. Hay excepciones en las cuales, algunas universidades autónomas han creado fundaciones y empresas que les permiten obtener algunos ingresos propios por concepto de prestación de servicios y venta de patentes. No obstante, la evaluación de esta actividad puede realizarse en función de dos variables: efectividad y eficiencia.

En este sentido, la evaluación de cualquier proyecto tecnológico debe considerar, además de la efectividad y eficiencia, su pertinencia académica y social, es decir, su adecuación a las demandas de la universidad y de la sociedad en general. Así mismo, esta evaluación se debe realizar de forma continua y en cada una de las fases del proyecto: antes de su ejecución, durante y después de concluido el mismo.

Concepto de efectividad

El vocablo efectividad proviene, evidentemente de “efecto”, entonces se refiere a la capacidad que posee un procedimiento, sustancia, actividad o programa, para lograr un efecto, impacto o resultado esperado. Se asocia con el logro de objetivos trazados independientemente de los recursos invertidos en un período de tiempo determinado.

Ejemplos:

- Logro del 90% de los objetivos programados en la ejecución de un proyecto.

- Un proyecto de investigación tecnológica cuyo objetivo es el desarrollo de un sistema de control de inventario de equipos y mercancías (software), resulta efectivo si satisface los requerimientos de los usuarios en cuanto a suministro de la información en tiempo real, emisión de reportes y velocidad de respuesta.

Indicadores de efectividad en la ejecución de proyectos de investigación tecnológica (I+D)

La medición de un fenómeno puede realizarse a través de indicadores simples, definidos como una cifra o un valor absoluto, por ejemplo, cantidad de proyectos de I+D aprobados en un período, e indicadores complejos aquellos compuestos por dos o más indicadores simples, por ejemplo, cumplimiento de objetivos en relación con el presupuesto asignado al proyecto. A continuación se proponen algunos indicadores para medir la efectividad de investigaciones tecnológicas en las universidades:

- Objetivos trazados/objetivos logrados x 100
- Porcentaje de cumplimiento de los objetivos del proyecto en el plazo previsto
- Porcentaje de ejecución en un desarrollo de un prototipo
- Resultados de la evaluación (pruebas) a las que se somete el producto o prototipo
- Obtención de patente
- Obtención de regalías por uso de patente
- Cantidad de beneficiarios directos
- Cantidad de beneficiarios indirectos
- Cantidad de beneficiarios miembros de la universidad
- Cantidad de beneficiarios de las comunidades no pertenecientes a la universidad

Concepto de eficiencia

Según Koontz y Weihrich (2004) eficiencia es “el logro de las metas con la menor cantidad de recursos” (p.14). Mientras que para Robbins y Coulter (2005) la eficiencia procura “obtener los mayores resultados con la mínima inversión” (p. 7). En síntesis, eficiencia es la capacidad para lograr las metas y objetivos con la menor inversión de tiempo y recursos. Mientras que la efectividad mide fundamentalmente el logro de objetivos, la *eficiencia* considera, además, el tiempo y los recursos invertidos.

La eficiencia implica una relación entre dos indicadores: la generación de un producto (bien o servicio) y los insumos o recursos empleados para lograr ese nivel de producción. Por ejemplo, si una empresa “A” fabrica mayor cantidad de productos o brinda servicios de mayor calidad con respecto a la empresa “B”, pero con igual o menor inversión de recursos, entonces, la empresa “A” será más eficiente.

Un claro ejemplo de falta de eficiencia en la investigación universitaria es el retraso que ocurre en la presentación de Trabajos de Grado y Tesis Doctorales con respecto a los plazos estipulados en los reglamentos y normativas. A mayor tiempo de entrega, mayores son los recursos que se invierten y por tanto hay una menor eficiencia.

La eficiencia en la investigación tecnológica: indicadores para su medición

A diferencia de los indicadores de efectividad, que en su mayoría son simples, los referentes para medir la eficiencia son complejos. En este caso se proponen los siguientes indicadores de eficiencia en investigaciones tecnológicas universitarias:

- Costo total del proyecto/objetivos logrados
- Diferencia entre costo inicial y final del proyecto

- Relación costo-beneficio (considerando beneficios intangibles: académicos, sociales e institucionales)
- Costo del proyecto/cantidad de beneficiarios directos (usuarios)
- Costo del proyecto/cantidad de empresas u organizaciones beneficiadas
- Rentabilidad del proyecto $[(\text{Valor final}-\text{valor inicial})/\text{valor inicial}] \times 100$

A modo de conclusión

La investigación tecnológica en las universidades implica una considerable inversión de recursos materiales, humanos y financieros, razón por la cual dicha inversión debe ser recuperada y de ser posible, multiplicada en beneficio de la institución y la sociedad.

Para evitar la pérdida y desperdicio de los recursos invertidos, la investigación tecnológica debe ser evaluada mediante indicadores los cuales determinen en qué medida el desarrollo de un proyecto fue efectivo y eficiente, es decir, que cumpla todas sus etapas en el tiempo previsto y al menor costo posible.

Se recomienda que la evaluación de la investigación tecnológica en las universidades sea un proceso continuo que se realice antes, durante y después de culminado el proyecto. Esto permitirá un mayor control y aprovechamiento del presupuesto asignado a las actividades de ciencia y tecnología y del presupuesto universitario en general.

En cuanto a los indicadores propuestos, estos conforman un sistema flexible de referentes que pueden variar de una institución a otra y de un proyecto a otro.

Referencias

Acuña, Iraima y Solano, Liceti (2009). *Situación socioeconómica, diagnóstico nutricional antropométrico y dietario en niños y adolescentes de Valencia, Venezuela*. **Anales Venezolanos de Nutrición**, Volumen 22, número 1. Extraído de: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522009000100002

Ander-Egg, Ezequiel (1980). **Introducción a la planificación**. Caracas: Editorial El Cid Editor.

Ander-Egg, Ezequiel (2007). **Introducción a la planificación estratégica**. Buenos Aires: Editorial Lumen/Humanitas.

Arias, Fideas (2016). **El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica** 7ª Edición. Caracas: Editorial Episteme.

Arias, Fideas (2006). **Mitos y errores en la elaboración de tesis y proyectos de investigación** 3ª Edición. Caracas: Editorial Episteme.

BBC Mundo (2016). **Cómo el descubrimiento de un venezolano puede impedir una catástrofe médica por leishmaniasis en Medio Oriente**. Extraído de: <http://jacintoconvit.blogspot.com/>

Bello, Freddy (2006). *Reflexión: la investigación tecnológica: o cuando la solución es el problema*. **Revista FACES**, Universidad de Carabobo. Extraído de: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/faces/revista/a6n13/6-13-3.pdf>

Bunge, Mario (1981). **La ciencia, su método y su filosofía**. Buenos Aires: Editorial Siglo Veinte.

Cegarra Sánchez, José (2004). **Metodología de la investigación científica y tecnológica**. Madrid: Editorial Díaz de Santos.

Cerda, Hugo (2001). **Cómo elaborar proyectos** 4ª Edición. Bogotá: Editorial Magisterio.

Contreras, Carolina (2016). **Venezolano crea software para identificar células cancerígenas**. Extraído de: http://www.eluniversal.com/noticias/estilo-vida/venezolano-crea-software-para-identificar-celulas-cancerigenas-menos-minuto_11168

Delgado, Fernando (2016). **7 científicos venezolanos que están triunfando en el mundo**. Extraído de: <https://www.latiendavenezolana.com/blogs/tienda/7-cientificos-venezolanos-que-estan-triunfando-en-el-mundo>

- Farías, Lilia y Franco, Marbelys (2013). *Eficiencia en el desempeño de la investigación y postgrado (Ejes para su definición y medición)*. **Revista Copérnico**, Volumen X, número 19, pp. 40-49. Extraído de: http://copernico.uneg.edu.ve/numeros/c19/c19_art04.pdf
- Ferraro, Ricardo y Lerch, Carlos (1997). **¿Qué es qué en tecnología?** Buenos Aires: Editorial Granica.
- García Córdova, Fernando (2005). **La investigación tecnológica**. México: Editorial Limusa/Noriega.
- Instituto Latinoamericano de Planificación Económica y Social (ILPES) (2006). **Guía para la presentación de proyectos** 27ª Edición. México: Editorial Siglo Veintiuno.
- Koontz, Harold y Weihrich, Heinz (2004). **Administración una perspectiva global** 12ª Edición. México: Editorial McGraw-Hill.
- Martinet, Sandra, Lafortiva, Edgardo y Martinet, Roxana (1997). **Proyectos tecnológicos en el aula**. Rosario: Editorial Homo Sapiens Ediciones.
- Martínez, Eduardo y Albornoz, Mario (eds.) (1998). **Indicadores de ciencia y tecnología: estado del arte y perspectivas**. Caracas: Editorial Nueva Sociedad/ UNESCO.
- Morles, Víctor (2002). **Ciencia, tecnología y sus métodos**. Caracas: Ediciones Universidad Central de Venezuela.
- Primo Yúfera, Eduardo (1994). **Introducción a la investigación científica y tecnológica**. Madrid: Editorial Alianza.
- Robbins, Stephen y Coulter, Mary (2005). **Administración** 8ª Edición. México: Editorial Pearson Educación.
- Sabino, Carlos (2000). **El proceso de investigación**. Caracas: Editorial Panapo.
- Saladrigas, María y Sacristán, José (2004). *Eficacia, efectividad y eficiencia en la investigación de fármacos*. **Panace@**, Volumen V, número 17, pp. 188-190. Extraído de: http://www.medtrad.org/panacea/IndiceGeneral/n17-18_tradyterm-Saladrigas.pdf

Revista RECITIUTM

Revista Electrónica de Ciencia y Tecnología del
Instituto Universitario de Tecnología de Maracaibo
ISSN: 2443-4426; Dep. Legal: PPI201402ZU4563
Vol. 3 N° 1 (2017)



UNESCO (2015). **Informe de la UNESCO sobre la Ciencia. Hacia 2030.** París.

Extraído de: <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002354/235407s.pdf..>