

## ARTÍCULO ORIGINAL

### **Modelo y metodología para la gestión de la ciencia y la innovación en las universidades**

### **Model and Methodology for Science and Innovation Management in Universities**

**Mario Adelfo Batista Zaldívar,<sup>1</sup> Julio Nolberto Pérez Guerrero<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

#### **RESUMEN**

La gestión de la ciencia y la innovación en las universidades es importante para satisfacer las demandas tecnológicas de la sociedad; sin embargo, este proceso presenta limitaciones teóricas, metodológicas y prácticas que demandan perfeccionamiento. El objetivo del estudio fue proponer una tecnología de gestión sistémica, flexible, participativa y proactiva para la ciencia y la innovación en las universidades. Se utilizaron métodos teóricos y empíricos, y se desarrolló un estudio de caso único. Los principales resultados fueron la conceptualización del proceso estudiado, la fundamentación de su plataforma teórica y metodológica, así como una tecnología para su gestión. La aplicación de la tecnología en una universidad cubana corroboró su efectividad gracias al mejoramiento significativo de los resultados en los indicadores evaluados.

**PALABRAS CLAVE:** gestión universitaria, procesos universitarios, tecnología de gestión.

#### **ABSTRACT**

Management of science and innovation in universities is an important element to meet the society's technological demands. However, this process presents theoretical, methodological, and practical limitations that demand improvement. The object of study was to suggest a systemic, flexible, participative, and proactive management technology for science and innovation in universities. Theoretical and empirical methods were used, and a unique case of study was developed. The main results were the conceptualization of the studied process, the founding of its theoretical and methodological platform, as well as a management technology. The application of the technology in a Cuban university proved its effectiveness thanks to the significant improvement of results in the evaluated results.

**KEYWORDS:** management technology, university management, university processes.

## Introducción

La universidad es una institución social importante por su contribución al desarrollo nacional, territorial y local (Núñez Jover, 2006; Núñez Jover, Montalvo y Pérez Ones, 2006). Para satisfacer las demandas tecnológicas de la sociedad, esta gestiona varios procesos sustantivos, entre los cuales se destaca la gestión de la ciencia y la innovación por su implicación en la relación que establece la universidad con el entorno.

El análisis de la literatura sobre la gestión de la ciencia y la innovación en las universidades permite identificar dos direcciones de interés: su pertinencia e importancia social y los fundamentos sobre los que descansa su gestión (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000; Souza Silva, 2002; Núñez Jover, 2006; Núñez Jover, Montalvo y Pérez Ones, 2006). En relación con esta última, son fundamentales tres elementos: la conceptualización del objeto, los modelos conceptuales de producción de conocimiento y los métodos y herramientas de gestión.

Con respecto a la conceptualización de la gestión de la ciencia y la innovación en el entorno universitario, la revisión de la bibliografía (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000; Arocena y Sutz, 2001; Souza Silva, 2002; Núñez Jover, Montalvo y Pérez Ones, 2006) reveló que existe un sin número de conceptos de este proceso de carácter global, pero ninguno está relacionado específicamente con el área de conocimiento de este trabajo. Dado este vacío existente en la literatura, no se dispone de las directrices fundamentales que identifiquen dicho proceso y su gestión.

El segundo componente, los modelos conceptuales de producción de conocimiento –base teórica e ideológica que marca el rumbo de determinada escuela u orientación de gestión de la ciencia y la innovación en general–, corresponde a un fenómeno reciente que la universidad ha transpuesto e incorporado a su sistema teórico conceptual (Gibbons *et al.*, 1994; Etzkowitz y Leydesdorff, 2000; Souza Silva, 2002; Núñez Jover, Montalvo y Pérez Ones, 2006) para tratar de explicar sus vínculos con la sociedad mediante los procesos que gestiona.

Así, existen seis modelos de producción de conocimientos que han sido utilizados para «interpretar las trayectorias tecnocientíficas universitarias» (Castro Sánchez, 2007, p. 48) y que han evolucionado desde el modelo lineal de innovación hasta el contexto-céntrico, pasando por los sistemas nacionales de innovación (SNI), el modo 1 y modo 2 de producción de conocimientos y el modelo triple hélice. Su estudio permitió reconocer tanto sus aspectos positivos, como las limitaciones que presentan. Entre estos últimos se detectó que:

- La mayoría de los modelos asume un concepto amplio de innovación y el aprendizaje de los actores como un factor clave de esta; son modelos interdisciplinarios, y enfatizan en el carácter interdependiente de los procesos innovativos, que favorece el trabajo en redes y la formación de alianzas estratégicas.
- Son modelos teóricos generales, conceptuales, que describen los procesos de producción de conocimientos, pero no explicitan un sistema de conocimientos estructurados y sistematizados que analice

y explique teóricamente el sistema universitario y permita una mayor flexibilidad teórica, metodológica y práctica de la gestión.

En relación con el método de gestión, se estudiaron varias experiencias publicadas de diferentes universidades (Rubio González, 2006; Fernán-dez Jeri, 2008; Valdez Zepeda, Orozco Alvarado y León Arias, 2008; Argote Mejía, 2009; European University, 2009; Belloso Vargas *et al.*, 2011; Zúñiga Segura, 2011), de cuyo análisis se concluyó lo siguiente:

- Para la gestión de la ciencia y la innovación en las universidades se emplean los métodos generales de la ciencia de la dirección. No se encontraron herramientas metodológicas específicas científicamente avaladas en este campo.
- Las experiencias publicadas consideran y resaltan unos componentes del sistema en detrimento de otros. Esto limita sus conclusiones, dada la ausencia de determinadas interacciones y relaciones propias, por lo que los principios de la teoría de sistemas no se emplean de forma consecuente.

Del análisis realizado sobre los métodos de investigación teórica aplicables a sistemas de gestión para su perfeccionamiento, tales como la teoría de los sistemas (Bertalanffy, 1976), la teoría de las restricciones (Goldratt y Cox, 1993; Mora Vanegas, 2014), el enfoque de procesos (Ramírez García y García García, 2009; Guerra Bretaña, 2009), el análisis estructural (Godet, 2000) y la teoría general de la dirección (Koontz y Weihrich, 1984; Steiner, 1996; Stoner, Freeman y Gilbert, 1996), se constató que estos por sí solos no son suficientes para perfeccionar el sistema de gestión universitaria de la ciencia y la innovación, teniendo en cuenta la gran diversidad de elementos que lo constituyen y la complejidad de sus interrelaciones funcionales y estructurales, por lo que se hace necesario integrarlos a partir de las aportaciones esenciales de cada uno de ellos.

La investigación exploratoria realizada para conocer la tendencia del desempeño de las universidades en la gestión de ciencia e innovación, análisis de la literatura publicada, entrevistas aplicadas a directivos y especialistas, corroboran que una parte importante de las universidades presentan bajos resultados en los indicadores principales –publicaciones, proyectos, premios, etc.–, debido, entre otras razones, a que para la gestión del proceso son insuficientes las herramientas elaboradas sobre un sistema teórico-conceptual y metodológico, al ser el empleo de las técnicas de gestión generales la base del mejoramiento.

A partir de lo anteriormente expuesto se concluye que las propiedades y directrices de la gestión de la ciencia y la innovación (GCI) en las universidades no se conocen, porque este proceso no está conceptualizado; los modelos de producción de conocimientos son conceptuales, generales, y no explicitan las herramientas metodológicas para la gestión del proceso; no existe una metodología sistémica que integre los métodos de investigación teórica aplicables para realizar el estudio teórico del sistema de gestión de la ciencia y la innovación en las universidades (SGCIU); las experiencias internacionales y nacionales documentadas se basan en la teoría general de la dirección, por lo que no se encontraron herramientas metodológicas específicas para ello; y las experiencias aplicadas correspondientes a este tipo de gestión en las universidades presentan limitaciones metodológicas y un insuficiente carácter sistémico. En todo ello reside

la contradicción fundamental que enfrentó la investigación, consistente por un lado, en la necesidad de perfeccionar la gestión de la ciencia y la innovación en las universidades para que estas cumplan con su responsabilidad social en el contexto actual y, por otro, en los insuficientes fundamentos teóricos y herramientas metodológicas sistémicas y específicas existentes para lograrlo.

Por tanto, se determinó como problema científico la existencia de insuficientes fundamentos teórico-metodológicos sistémicos y flexibles para el perfeccionamiento del SGCIU, que contribuyan al mejoramiento de sus indicadores de salida. Para su solución, se planteó como objetivo desarrollar una tecnología de gestión sistémica, flexible, participativa y proactiva para la ciencia y la innovación en las universidades, que permita mejorar sus indicadores de salida.

Como metodología general para la investigación se emplearon los paradigmas cuantitativos y cualitativos, con predominio del primero. Asimismo, se utilizaron los principales métodos teóricos de investigación: histórico-lógico, análisis y síntesis, inductivo-deductivo, hipotético-deductivo y modelación. Para la recopilación de los datos se usaron como instrumentos la observación científica participante y encubierta, el cuestionario, la entrevista semiestandarizada y la medición, a partir del consentimiento informado de los entrevistados.

En la constatación teórica y metodológica de la tecnología de gestión que se propone se utilizó la triangulación de métodos como el grupo focal, la entrevista en profundidad y la observación científica participante.

La literatura consultada (Etzkowitz y Leydesdorff, 2000; Arocena y Sutz, 2001; Souza Silva, 2002; Núñez Jover, Montalvo y Pérez Ones, 2006) no ofrece definiciones concretas sobre la gestión de la ciencia y la innovación en las universidades, por lo que, a partir de un análisis de los conceptos individuales que la integran, siguiendo el algoritmo de Pérez Campdesuñer (2007, pp. 15-16), esta se definió como un proceso sistémico, dinámico, participativo, creativo, abierto y continuo, consistente en planificar, organizar, ejecutar y controlar la actividad científico-tecnológica e innovativa universitaria, con el objetivo de contribuir a satisfacer las demandas tecnológicas internas y de la sociedad, mediante la utilización de mecanismos funcionales existentes o creados, así como de métodos operativos y procedimientos, también mediante la integración de disciplinas, actores y acciones; la formación, el desarrollo, la participación y la cooperación de los actores implicados (internos y externos) y su dinamización; la innovación organizacional y el empleo de los recursos materiales, financieros, tecnológicos e informacionales con que se cuenta (propios o gestionados); todo ello para contribuir al desarrollo y la mejora de la calidad de los procesos universitarios, así como a la elevación de la pertinencia social de estas instituciones. El concepto anterior muestra que este proceso incorpora la teoría de los sistemas, el enfoque de procesos, la teoría de la dirección, entre otras. Además, se sustenta en la dinamización y participación de los actores, en las demandas tecnológicas de la sociedad, en la integralidad de disciplinas, actores y acciones, y en la innovación organizacional.

A partir de la década del cincuenta del siglo pasado comenzaron a surgir los modelos conceptuales que intentan captar la producción de conocimientos en vínculo con las universidades (Gibbons *et al.*, 1994; Etzkowitz y Leydesdorff, 2000; Núñez Jover; Montalvo y Pérez Ones, 2006), los cuales se han transpuesto a la gestión universitaria. Su análisis mostró que la plataforma teórica que los sustenta constituye un referente valioso para este estudio, y que son modelos teóricos generales que se limitan a conceptualizar la producción de conocimientos en

diferentes contextos y escenarios sociotécnicos, por lo que no explicitan las herramientas metodológicas para aplicarlos y contextualizarlos.

Al analizar algunas experiencias relacionadas con la gestión universitaria (Fernández Jeri, 2008; Valdez Zepeda, Orozco Alvarado y León Arias, 2008; Argote Mejía; 2009; European University, 2009; Belloso Vargas *et al.*, 2011; Zúñiga Segura, 2011) no se encontraron sistemas de dirección desarrollados específicamente para las universidades, pues para su gestión se emplean los métodos de la dirección, y, aunque se explicita el carácter sistémico, en la mayor parte de dichas experiencias se toman en consideración unos componentes del sistema, mientras que otros se obvian; por tanto, estos análisis presentan limitaciones debido a la ausencia de algunas interacciones.

Del análisis crítico a las principales teorías, enfoques y métodos más empleados para el estudio teórico de sistemas de gestión, se concluyó lo siguiente:

- La teoría de los sistemas es una metodología de análisis para el estudio y la modelación de la realidad (Bertalanffy, 1976), pero no prevé la precisión y descripción de los procesos, ni los procedimientos para identificar las restricciones o para establecer las relaciones entre componentes.
- La teoría de las restricciones es una metodología sistémica de gestión y mejora (Goldratt y Cox, 1993), pero no se ha aplicado en la gestión universitaria (Mora Vanegas, 2014).
- El enfoque de procesos permite conocer las entradas, las operaciones, los resultados y las interrelaciones interfuncionales de los sistemas para su mejoramiento continuo (Villa González del Pino, 2006). No existen muchas evidencias de su aplicación al objeto de estudio (Ramírez García y García García, 2009).
- El análisis estructural tiene como objetivo determinar las principales variables influyentes y dependientes en el funcionamiento del sistema (Godet, 2000), que son las esenciales para su conceptualización y perfeccionamiento.
- La teoría de la dirección constituye un sistema de conocimientos integrados por varias disciplinas que se apoyan en la teoría de los sistemas (Koontz y Weihrich, 1984); no obstante, no es suficiente para abordar el proceso de gestión según su complejidad.

De lo anterior se puede concluir que ninguna de las teorías, enfoques y métodos por sí solos son suficientes para tratar la gran diversidad de elementos constituyentes de los sistemas y la complejidad de sus interrelaciones funcionales y estructurales.

### **Síntesis y conceptualización de la tecnología de gestión**

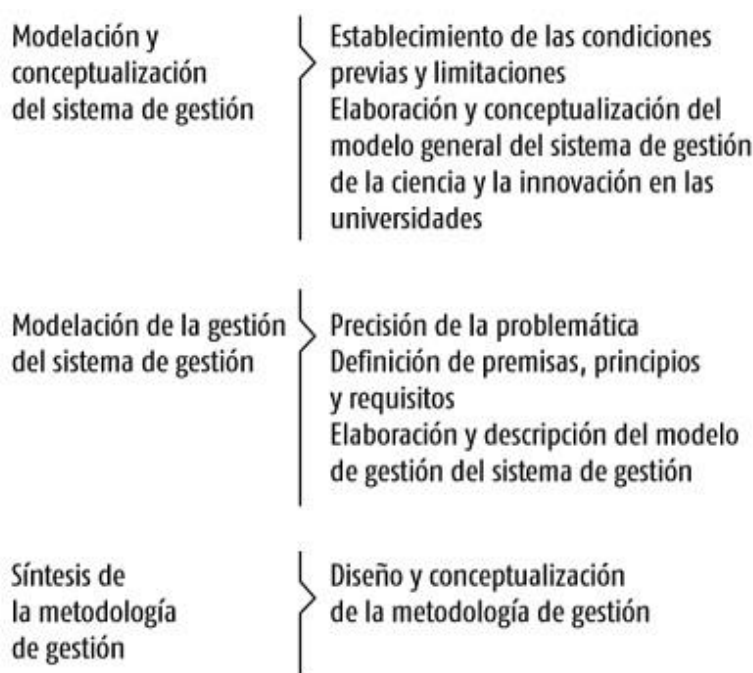
Teniendo en cuenta que la gestión de la ciencia y la innovación en las universidades constituye un sistema sociotécnico (Baxter y Sommerville, 2011; Mumford, 2000; Chai y Kim, 2012; Ghaffarian, 2011; Patnayakuni y Ruppel, 2000) porque está constituido por varios componentes que interactúan entre sí, tiene objetivos, realiza funciones diversas, toma del entorno información e insumos y porque entre sus elementos se encuentran las personas, lo social y la tecnología, se propone una tecnología de gestión para su perfeccionamiento.

La tecnología se sustenta en el método sistémico e integra el enfoque de procesos, la teoría de las restricciones (TOC), el análisis estructural y la teoría de la dirección. Esta consta de tres fases: modelación y conceptualización del SGCIU, modelación de la gestión del SGCIU y síntesis de la metodología de gestión; y se caracteriza por ser sistémica, flexible, participativa y proactiva (figura 1).

En la primera fase se hace un estudio exploratorio de la estructura, las funciones, los elementos y los vínculos del SGCIU para fijar las condiciones previas y las limitaciones del modelo general del SGCIU, que se conceptualiza según la metodología propuesta por Spedding (citado por Wadsworth, 1997) en su trabajo *The Biology of Agricultural Systems. Chapter 1, The Purposes of Agriculture*, la cual fue mejorada con dos pasos: la precisión de los procesos y las restricciones de su funcionamiento.

Seguidamente, en la segunda fase se presentan e integran los componentes y las particularidades del proceso, y se describen y establecen los flujos en un modelo específico para la gestión. Se precisa la problemática, que incluye las directrices de la gestión, los elementos esenciales del estudio del SGCIU y las restricciones. Asimismo se definen las premisas, principios y requisitos de la gestión, y con ello se modela y describe el proceso en cuanto a lógica, componentes y relaciones.

La última fase se sustenta en la base cognitiva de la teoría de la dirección para sintetizar una herramienta metodológica. En su conceptualización se describen los elementos que la integran para facilitar su aplicación: nombre de la etapa, objetivos, acciones que se realizan y método probable que se emplea (Koontz y Weihrich, 1984; Stoner, Freeman y Gilbert, 1996; Tristán Pérez, 2007).



**Figura 1.** Tecnología de gestión sistémica, flexible, participativa y proactiva para la ciencia y la innovación en las universidades.

## Modelación y conceptualización del SGCIU

A partir de la información general obtenida sobre el objeto de estudio, y una vez establecidas las condiciones previas y las limitaciones para la modelación del SGCIU, se sintetizó y conceptualizó su modelo general (figura 2).

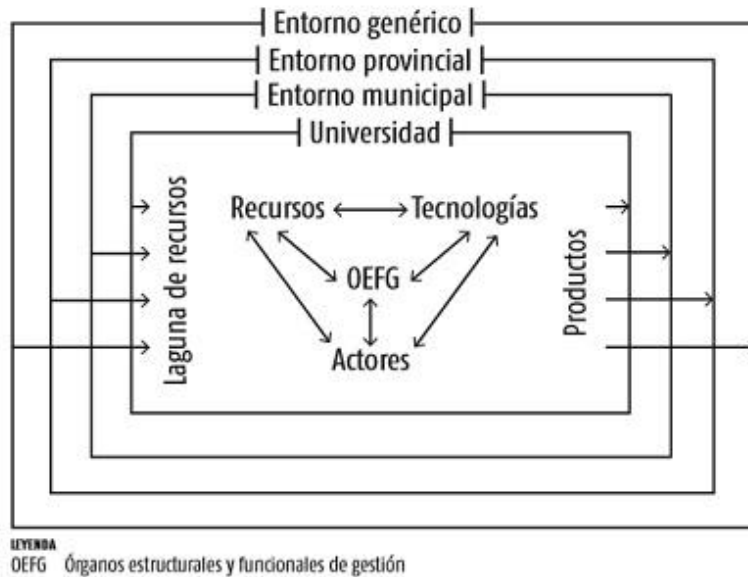


Figura 2. Modelo general del sistema de gestión de la ciencia y la innovación en las universidades (SGCIU).

### **Demanda, objetivos y resultados del sistema**

La demanda del SGCIU corresponde a los problemas económicos, sociales, culturales y ambientales presentados por las organizaciones del entorno que puedan ser solucionados por él, y tiene como variables su estructura, volumen, nivel de complejidad y dinámica. La demanda del entorno se denomina demanda total o potencial, el SGCIU se diseña para la denominada demanda de diseño, y la que el sistema puede satisfacer de esta última se nombra demanda objetiva. Los objetivos del SGCIU se formulan para satisfacer la demanda objetiva y son un patrón para su evaluación.

Los límites del SGCIU son sus muros virtuales, que incluyen el edificio de la universidad (o parte de él) y las locaciones donde desarrolla sus acciones de forma regular.

En cuanto a niveles de entorno, el SGCIU posee cuatro: universitario, municipal, provincial y genérico (nacional e internacional). En el primero es donde el sistema se desarrolla dentro de sus límites. El entorno municipal define la demanda y provee al SGCIU de una parte esencial de los recursos. Los dos últimos influyen de forma indirecta. El entorno tiene tres variables: el ambiente para la ciencia y la innovación, la capacidad de recursos estructurales, funcionales y físicos, y la capacidad cognoscitiva y volitiva en ciencia e innovación.

El análisis PEST realizado (Johnson y Scholes, 2004) reveló que el entorno del sistema es dinámico y con alto grado de incertidumbre, dada su complejidad, las limitadas facultades de la universidad para legislar y tomar decisiones de peso, y la dinámica de las transformaciones económicas y sociales que repercuten en él.

### **Componentes del sistema**

El sistema está integrado por cuatro componentes: los recursos físicos, las tecnologías, los actores y los órganos estructurales y funcionales de gestión.

Los recursos físicos incluyen la infraestructura y los recursos materiales, tecnológicos tangibles de apoyo –que no intervienen directamente en el proceso– y financieros. Este componente tiene como misión asegurar el funcionamiento del sistema desde el punto de vista logístico. Su origen está en el inventario de los recursos propios del SGCIU y los del entorno, por lo que el sistema debe desarrollar la capacidad de localizarlos y utilizarlos. Tiene como variables la infraestructura, los recursos tecnológicos de apoyo y los financieros e insumos.

El componente referido a las tecnologías abarca tanto las tangibles, que intervienen de forma directa en el proceso y determinan su cualidad (computadoras, equipos de laboratorios, etc.), como las intangibles; los conocimientos técnicos organizados y sistematizados que permiten efectuar de forma efectiva la gestión del SGCIU. Su inventario se hace en función de la cantidad, la variedad, la calidad, el estado técnico y el grado de actualización y disponibilidad real de estas en el entorno, de lo cual dependen los resultados del sistema de gestión. Este componente posee dos variables, las tecnologías tangibles y las intangibles.

Los actores, agentes de transformación, constituyen un componente que tiene la finalidad de asegurar la participación voluntaria, activa y consciente de las personas con suficientes capacidades cognitivas y de gestión para desarrollar y dirigir el proceso. Los actores implicados son los profesores, trabajadores, estudiantes de pregrado y posgrado, y otros vinculados al proceso investigativo no contratados, los cuales son insuficientes.

Para valorar la influencia de este componente en el SGCIU se toman tres dimensiones: dinamización de los actores (capacitación, sensibilización, implicación, comunicación), aptitud de los actores (voluntad y conciencia) y competencias de los actores (saber y poder hacer). Estas se sintetizan en la variable capacidad cognitiva y volitiva de los actores.

En cuanto a los órganos estructurales y funcionales de gestión, este componente representa el modo en que el SGCIU organiza su gestión; es el núcleo responsable de la transformación, y su objetivo es proveer al sistema de los «espacios» y el marco legal necesarios para gestionar la ciencia y la innovación en la universidad.

Dentro de un ambiente con restricciones legales, materiales y financieras para crear estructuras formales de gestión, el SGCIU necesita realizar su gestión mediante mecanismos funcionales como comisiones, grupos *ad hoc*, programas, líneas de investigación y proyectos. Este componente tiene tres variables: tipos de órganos estructurales y funcionales existentes, calidad de los procesos de gestión, y calidad y pertinencia de los resultados que se obtienen.

### **Procesos e interacciones esenciales**

El proceso principal del SGCIU es la gestión de la ciencia y la innovación. Los procesos de segundo orden comprenden la gestión de actores, de tecnologías y de recursos físicos, los procesos estratégicos de dirección general, los de apoyo, como servicios técnicos, informáticos, de seguridad y protección, y los sustantivos, como la formación y la extensión.

Con el propósito de tener un juicio de valor de las interacciones del SGCIU, debido a las relaciones de sus componentes y así ponderar su influencia en él, se realizó un análisis estructural (Godet, 2000) empleando las diecinueve



variables obtenidas de su análisis teórico, y con ello se determinaron las variables de mayor motricidad y las de mayor dependencia para el desarrollo del SGCIU, cada una de ellas con varias dimensiones e indicadores, lo que denota que el sistema de gestión es sociotécnico, complejo, abierto y dinámico.

### **Entradas y salidas del sistema**

Según los análisis precedentes, el SGCIU tiene por entradas que ingresan a la «laguna» de recursos las demandas tecnológicas, los recursos físicos, los recursos tecnológicos específicos para la actividad de ciencia e innovación y los actores. El diagnóstico de recursos y demandas del entorno y su precisión en cuanto a su posible entrada es una tarea de partida para objetivizar la gestión.

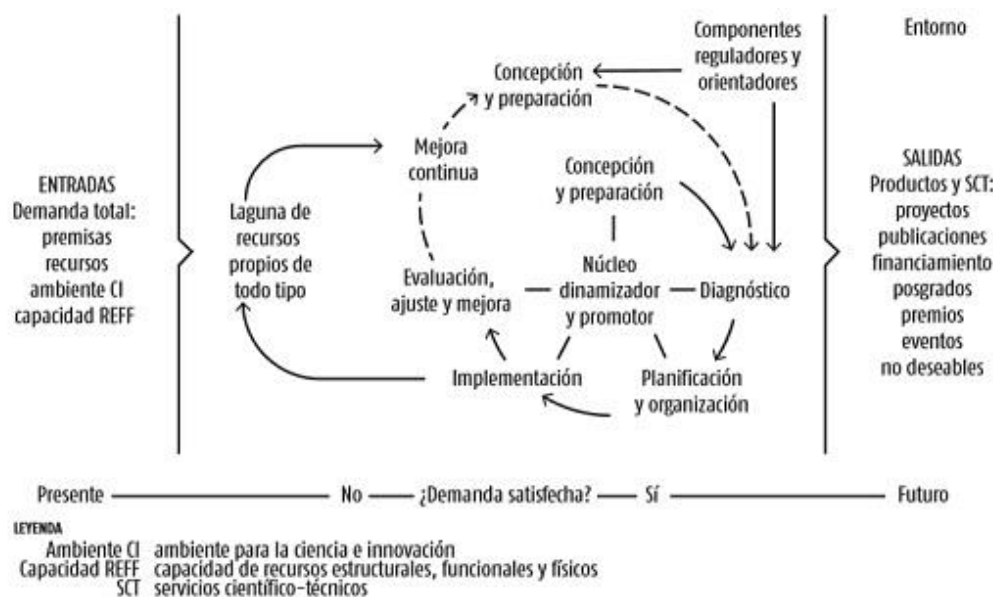
Los productos finales del SGCIU son los resultados científicos arbitrados, los proyectos terminados, premios, eventos, publicaciones, patentes, derechos de autor, así como el financiamiento y los impactos científicos, innovativos, ambientales, económicos y sociales certificados.

Se deben utilizar los principales indicadores que establezca el órgano rector de la educación superior para evaluar el SGCIU, que pudieran ser premios, eventos, publicaciones, proyectos, posgrados y financiamiento, pues aportan un patrón adecuado para evaluar su avance y permiten establecer niveles de comparación con el resto de las universidades.

### **Modelación del sistema de gestión de la ciencia y la innovación en las universidades**

Una vez definidas las directrices de la gestión del proceso estudiado, los elementos esenciales que emergieron del estudio teórico del SGCIU y las restricciones que limitan su funcionamiento, unido a la precisión de las premisas, los principios y los requisitos, fue posible sintetizar el modelo de gestión del sistema (figura 3), el cual está compuesto por:

- a. las entradas: demandas, recursos del entorno disponibles, premisas, y otros factores externos;
- b. las salidas, en forma de resultados concretos terminados entregados al entorno y otras no deseadas, algunas de las cuales pueden reingresar al sistema de gestión;
- c. los recursos propios de todo tipo, disponibles en la laguna de recursos;
- d. el núcleo dinamizador y promotor de la gestión;
- e. el ciclo de componentes específicos de la gestión; y
- f. los componentes reguladores y orientadores para la gestión.



**Figura 3.** Modelo del sistema de gestión de ciencia e innovación en las universidades.

El núcleo dinamizador y promotor de la gestión es la estructura responsabilizada de la coordinación del SGCIU. Este concibe el proceso, crea mecanismos para su funcionamiento, monitoreo, control y evaluación, así como para su mejora continua. Los componentes del ciclo de gestión consisten en la concepción y preparación, el diagnóstico, la planificación y organización, la implementación, y la evaluación, el ajuste y la mejora. Los elementos reguladores y orientadores son las restricciones, los principios y los requisitos.

La integración e interconexión armónica e imprescindible de los componentes del SGCIU para alcanzar un fin le da su carácter sistémico, y la conformación de actividades conectadas con las entradas y salidas le confiere el enfoque de procesos. Lo proactivo se sustenta en el anticipo de los problemas por el SGCIU, mediante un estudio y una vigilancia sistemática del entorno; y lo flexible, por su posibilidad de adaptarse y cambiar para mejorar los procesos. El carácter participativo reside en la capacidad de autogestión y participación real de los actores. La sucesión de las etapas siguiendo una espiral muestra la tendencia al desarrollo, a la mejora, a partir de una constante evaluación, ajuste y mejora del proceso.

### Síntesis de la metodología de gestión

La metodología está integrada por siete fases. En cada una de estas fases hay que ejecutar varias etapas:

1. Concepción y preparación general del proceso: se desarrolla en tres etapas: precisión y/o creación de las condiciones de trabajo para la gestión, capacitación de los integrantes del consejo científico y el consejo de dirección o similar, e inclusión y preparación inicial de los actores claves para la gestión del proceso. Se crea el grupo gestor (GG); se precisan los objetivos, el alcance, los principios, los requisitos y las restricciones que regirán el proceso; se precisan y/o crean las condiciones materiales, cognitivas, volitivas y organizativas

- mínimas necesarias; se capacitan los integrantes del consejo científico (CC) y el consejo de dirección (CD) o estructuras similares; y se realizan actividades de divulgación y capacitación a los actores claves.
2. Caracterización del entorno del sistema: se desarrolla en cuatro etapas: determinación de la demanda total o potencial, inventario de los recursos disponibles, diagnóstico de las capacidades cognitivas y volitivas del entorno, y caracterización del ambiente para la ciencia y la innovación. Se seleccionan las organizaciones del territorio que se priorizarán, se identifican las fuentes de información y los informantes claves, se elaboran los instrumentos que se utilizarán, se crean las condiciones materiales, organizativas y humanas necesarias, y se elaboran los informes correspondientes.
  3. Precisión y objetivización de la capacidad del sistema: se desarrolla en cuatro etapas: diagnóstico de la capacidad tecnológica institucional, diagnóstico de la capacidad cognitiva y volitiva de los actores, diagnóstico de los órganos estructurales y funcionales, disponibilidad de recursos físicos. Se evalúa la capacidad que tiene el SGCIU para atender las demandas del entorno. Se procede de forma similar a la fase anterior. Al finalizar se tienen los inventarios de recursos de todo tipo que posee la universidad para la gestión.
  4. Diseño de los elementos de planificación: se desarrolla en tres etapas: determinación de las restricciones del sistema, precisión de la demanda objetiva del sistema y elaboración de los elementos orientadores y el sistema de planes operativos y tácticos. Se planifican las acciones que se desarrollarán; se determinan las restricciones que limitan el funcionamiento del SGCIU; se priorizan, objetivizan y jerarquizan las demandas; y se elaboran la misión, la visión, los objetivos estratégicos, las políticas de actuación, las prioridades, los programas científico-técnicos (PCT), los objetivos y los planes anuales para la gestión.
  5. Diseño y creación de los elementos organizativos: se desarrolla en dos etapas: diseño y creación de los órganos estructurales y funcionales de la gestión. Se diseña el sistema de mecanismos y órganos de gestión –áreas y grupos de investigación, estructuras dinamizadoras, entre otros– y las direcciones facultadas a los diferentes niveles le dan cuerpo legal y lo ponen en funcionamiento mediante las resoluciones de creación con objetivos y funciones, la designación del personal y los locales, el apoyo logístico, y demás.
  6. Implementación: se desarrolla en tres etapas: convocatoria de los (PCT) y elaboración de los proyectos y servicios científico-técnicos, elaboración del plan de ciencia e innovación de la universidad y ejecución de los planes y dinamización de los actores implicados en la gestión. Se convocan los programas científico-técnicos (PCT) y se elaboran los proyectos de I+D, I+D+i, innovación y gestión, y los servicios científico-técnicos. Se ejecutan las acciones planificadas, mientras que los órganos de dinamización exigen y evalúan el cumplimiento de los planes, y capacitan y asesoran a los actores.
  7. Evaluación, ajuste y mejora: se desarrolla en dos etapas: evaluación de los resultados, y ajuste de los objetivos y planes correspondientes

y mejora del proceso. Tiene como objetivo evaluar cuantitativa y cualitativamente los resultados, detectar las desviaciones y realizar los cambios o ajustes necesarios.

Para la validación teórica y metodológica se triangularon las técnicas cualitativas: grupo focal, entrevista en profundidad y observación científica participante, mediante las cuales se recopilaban criterios de directivos y especialistas sobre la validez de la tecnología de gestión propuesta. A partir de la información obtenida se constató que la tecnología de gestión consideró los principales fundamentos teóricos del proceso estudiado y los componentes y variables del SGCIU, y, por tanto, que esta puede solucionar el problema planteado.

## Conclusiones

En el estudio de la bibliografía no se encontró una tecnología en la que se sistematizara el conocimiento existente para la gestión universitaria de la ciencia y la innovación, que permitiera analizar, conceptualizar y perfeccionar este proceso y considerar su carácter sistémico, flexible, participativo y proactivo.

Se corroboró la importancia estratégica de fortalecer la gestión de la ciencia y la innovación en las universidades en el contexto actual. El análisis de los resultados mostró la necesidad de disponer de una tecnología que garantice la efectividad de esta gestión y coadyuve a adaptarse a los cambios del entorno.

La tecnología de gestión propuesta constituye un novedoso método para realizar el análisis teórico del SGCIU y la síntesis de su metodología de gestión, pues, sustentada en la teoría de los sistemas, integra un conjunto de teorías, enfoques y métodos asociados a la gestión de estos sistemas: enfoque de procesos, teoría de las restricciones, análisis estructural y teoría de la dirección.

De igual modo, la modelación del SGCIU permitió su conceptualización y reveló sus componentes, su naturaleza sociotécnica, compleja, dinámica y abierta. El carácter dinámico, complejo y poco predecible de su entorno y sus restricciones permitió elaborar el modelo de gestión del SGCIU que se sustenta en la mejora continua y se dinamiza con los componentes reguladores y orientadores para la gestión, a partir del cual se sintetiza la metodología.

Esta metodología sintetizada para la gestión del SGCIU constituye una guía para el trabajo práctico concreto, de acuerdo con las necesidades del sistema a transformar, pues integra sus particularidades definidas en los estudios teóricos precedentes y resume en siete fases secuenciales e iterativas un sistema de acciones acorde con las características y condiciones técnico-organizativas y funcionales de las universidades, lo que facilita su aplicabilidad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGOTE MEJÍA, MARÍA (2009): «Modelo innovador y prospectivo de gestión de la información académica para la toma de decisiones en la UMSS», tesis de maestría, Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba.
- AROCENA, RODRIGO y JUDITH SUTZ (2001): *La universidad latinoamericana del futuro. Tendencias, escenarios y alternativas*, Colección UDUAL, Unión de Universidades de América Latina, México D. F.

- BAXTER, GORDON e IAN SOMMERVILLE (2011): «Socio-Technical Systems: from Design Methods to Systems Engineering», *Interacting with Computers*, vol. 23, n.º 1, Oxford, pp. 4-17.
- BELLOSO VARGAS, OSCAR; JOSÉ BARBOZA HERNÁNDEZ, LIZABETH SALAZAR y JENNY GUERRA HERNÁNDEZ (2011): *Prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico de los institutos y colegios universitarios. Caso: CUNIBE al año 2022*, Colegio Universitario Dr. Rafael Beloso Chacín, Caracas.
- BERTALANFFY, LUDWIG (1976): *Teoría general de los sistemas*, Fondo de Cultura Económica, Madrid.
- CASTRO SÁNCHEZ, FERNANDO (2007): «Universidad, innovación y sociedad: los procesos globales y la experiencia cubana», tesis de doctorado, Universidad de Matanzas.
- CHAI, SANGMI y MINKYUN KIM (2012): «A Socio-Technical Approach to Knowledge Contribution Behavior: an Empirical Investigation of Social Networking Sites Users», *International Journal of Information Management*, vol. 32, n.º 2, Carolina del Sur, pp. 118-126.
- DEBERNARDO, HÉCTOR (2008): *¿Qué es la teoría de las restricciones (TOC)? Soluciones tecnológicas para empresas*, CIMATIC, Navarra.
- ETZKOWITZ, HENRY y LOET LEYDESDORFF (2000): «The Dynamics of Innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of University-Industry-Government Relations», *Research Policy*, vol. 29, n.ºs 2-3, pp. 109-123, <[https://www.researchgate.net/publication/222547985\\_The\\_Dynamics\\_of\\_Innovation\\_From\\_National\\_Systems\\_and\\_Mode\\_2\\_to\\_a\\_Triple\\_Helix\\_of\\_University-Industry-Government\\_Relations\\_Research\\_Policy\\_Jg\\_29\\_S\\_109-123](https://www.researchgate.net/publication/222547985_The_Dynamics_of_Innovation_From_National_Systems_and_Mode_2_to_a_Triple_Helix_of_University-Industry-Government_Relations_Research_Policy_Jg_29_S_109-123)> [21/1/2014].
- EUROPEAN UNIVERSITY (2009): *Reflexiones sobre el modelo de gobierno de la universidad en España*, Bruselas.
- FERNÁNDEZ JERI, LEONCIO (2008): «Análisis de la gestión universitaria en la universidad pública peruana», ponencia, VIII Coloquio Internacional sobre Gestión Universitaria en América del Sur, Asunción, 30 de octubre a 1 de noviembre.
- GHAFFARIAN, VAFA (2011): «The New Stream of Socio-Technical Approach and Main Stream Information Systems Research», *Procedia Computer Science*, vol. 3, Istanbul, pp. 1499-1511.
- GIBBONS, MICHAEL *et al.* (1994): *The New Production of Knowledge. The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, SAGE Publication, California.
- GODET, MICHEL (2000): *La caja de herramientas de la prospectiva estratégica*, Instituto Europeo de Prospectiva y Estrategia, Editorial Gerpa, Guipúzcoa.
- GOLDRATT, ELIYAHU y JEFF COX (1993): *La meta. Un proceso de mejora continua*, segunda edición, Editorial Castillo, México D. F.
- GUERRA BRETANA, ROSA (2009): «Ventajas y limitaciones de la implantación de la NC-ISO 9001 en la universidad», ponencia, VII Taller de Calidad de la Universidad de La Habana, 12-15 de noviembre.
- JOHNSON, GERRY y KEVAN SCHOLES (2004): «Análisis estratégico: análisis del entorno», en Gerry Johnson y Kevan Scholes (eds.), *Dirección estratégica*, K. Prentice Hall, Madrid, pp. 85-127.
- KOONTZ, HAROLD y HEINZ WEIHRICH (1984): *Administración*, McGraw Hill, New York.

- MORA VANEGAS, CARLOS (2011): «Sobre la teoría de las restricciones», <<http://realpe-plandemercadeo.blogspot.com/2011/07/sobre-la-teoria-de-las-restricciones.html>> [4/4/2014].
- MUMFORD, ENID (2000): «A Socio-Technical Approach to Systems Design», *Requirements Engineering*, vol. 5, n.º 2, London, pp. 125-133.
- NÚÑEZ JOVER, JORGE (2006): «Posgrado, gestión del conocimiento y desarrollo social: nuevas oportunidades», *Revista Cubana de Educación Superior*, vol. 26, n.º 3, La Habana, pp. 74-86.
- NÚÑEZ JOVER, JORGE; LUIS FÉLIX MONTALVO e ISARELIS PÉREZ ONES (2006): «Universidad, conocimiento y desarrollo local (basado en el conocimiento)», en Ada Guzón (ed.), *Desarrollo local en Cuba. Retos y perspectivas*, Editorial Academia, La Habana, pp. 205-219.
- PATNAYAKUNI, RAVI y CYNTHIA RUPPEL (2000): «A Socio-Technical Approach to Improving the Systems Development Process», *Information Systems Frontiers*, vol. 12, n.º 2, New York, pp. 219-234.
- PÉREZ CAMPDESUÑER, REYNIER (2007): «Modelo y procedimiento para la gestión del destino turístico holguinero», tesis de doctorado, Universidad de Holguín.
- RAMÍREZ GARCÍA, JORGE y SILVIA GARCÍA GARCÍA (2009): «Metodología de trabajo para el diseño participativo de procesos», ponencia, VII Taller de Calidad de la Universidad de La Habana, 12-15 de noviembre.
- RUBIO GONZÁLEZ, ÁNGEL (2006): «Gerencia de la ciencia para la innovación tecnológica en una universidad cubana», ponencia, Congreso Internacional Universidad 2006, La Habana, 13-17 de febrero.
- SOUZA SILVA, JOSÉ (2002): *La Universidad, el cambio de época y el «modo contexto-céntrico» de generación de conocimiento*, <<http://documents.mx/documents/souza-modo-contexto-centrico-de-generacion-de-conocimiento.html>> [21/1/2014].
- STEINER, GEORGE (1996): *Planeación estratégica. Lo que todo dirigente debe saber*, octava edición, Compañía Editorial Continental S.A., México D. F.
- STONER, JAMES; EDWARD FREEMAN y DANIEL GILBERT (1996): *Administración*, sexta edición, Prentice Hall, México D. F.
- TRISTÁ PÉREZ, BORIS (2007): *Contribuciones teórico-metodológicas y aplicaciones prácticas para el desarrollo de la gestión universitaria como campo de estudios*, Centro de Estudios para el Perfeccionamiento de la Educación Superior (CEPES), La Habana.
- VALDEZ ZEPEDA, ANDRÉS; JAVIER OROZCO ALVARADO y ADRIÁN LEÓN ARIAS (2008): *Gestión universitaria, procesos de aprendizaje y planeación en las IES*, Comisión Estatal para la Planeación de la Educación Superior (COEPES), México D. F.
- VILLA GONZÁLEZ DEL PINO, EULALIA (2006): «Procedimiento para el control de gestión en instituciones de educación superior», tesis de doctorado, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Santa Clara.
- WADSWORTH, JONATHAN (1997): *Análisis de sistemas de producción animal. Las bases conceptuales*, t. 1, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Santa Cruz de la Sierra.
- ZÚÑIGA SEGURA, LORENA (2011): «Metodología para la gestión universitaria basada en inteligencia de negocios», tesis de doctorado, Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.

RECIBIDO: 26/10/2015

ACEPTADO: 12/1/2016

*Mario Adelfo Batista Zaldívar.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Correo electrónico: mariobatzal69@gmail.com

*Julio Nolberto Pérez Guerrero.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Correo electrónico: julionolberto2011perez@gmail.co