

CORPORACIÓN MEXIACANA DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



EVALUACION DE UN SISTEMA PRELIMINAR DE INNOVACION CON
MODELACION BASADA EN AGENTES: CASO COAHUILA

POR

ROCÍO PALOMA MORALES VALDÉS

TESIS

MAESTRO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA CON ESPECIALIDAD EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE MANUFACTURA

SALTILLO COAHUILA A 29 DE SEPTIEMBRE DE 2008

Dedicatoria

Con mucho cariño principalmente mis padres, que han estado conmigo en todo momento. A mi papa que me ha apoyado e impulsado siempre, a pesar de los momentos difíciles. A mi mama, que ha pesar de no estar conmigo físicamente ahora, su alma estará siempre conmigo.

A mi abuelito,

A mis tíos, primos, que quisiera nombrarlos. Que hemos vivido momentos felices y tristes.

Quiero darte las gracias, por todo el apoyo que me has dado para seguir, y recuerda que eres muy importante para mí.

Por su comprensión y apoyo insustituible.

Agradecimientos

A mis profesores

Resumen

La conceptualización de los Sistemas de Innovación en Sistemas Nacionales, Regionales y Locales de innovación, surgidos a través de diversos autores como Freeman, Nelson y Lundvall, consiste en analizar las entidades o agentes (instituciones, universidades, empresas, centros de investigación, etc.) y las interacciones que se producen entre ellos, dando como resultado los indicadores de Ciencia, tecnología e Innovación del sistema.

Por lo cual se motiva la presente investigación, la cual se plantea como objetivo la definición de una metodología para evaluar un Sistema de innovación, dotando de este modo de una herramienta de toma de decisiones, para emprender medidas en función de los resultados obtenidos.

Con la realización de la presente investigación se pretende contribuir con esta metodología para cuantificar y cualificar las interacciones que se producen entre los agentes que constituyen un sistema.

Contenido

1.	Introducción	1
1.1	Planteamiento del problema	4
1.2	Preguntas de investigación	5
1.3	Hipótesis de investigación	6
1.4	Objetivos	6
1.5	Justificación	7
1.6	Delimitaciones	7
2.	Marco de Referencia	8
2.1	Marco Teórico	8
2.1.1	Innovación	10
2.1.2	Sistemas de Innovación	13
2.1.2.1	Fallas los Sistemas de Innovación	16
2.1.2.2	Clasificación de agentes	16
2.1.3	Tipos de Sistemas de Innovación	17
2.1.3.1	El Sistema Nacional de Innovación	17
2.1.3.2	El Sistema Regional de Innovación	20
2.1.3.3	El Sistema Estatal de Innovación	24
2.1.3.4	Comparativa de los Sistemas de Innovación	24
2.1.3.5	Concentrado de modelos de Innovación	25
2.2	Marco conceptual	46
2.2.1	Lógica difusa	46
2.2.2	Lógica difusa e inteligencia artificial	47
2.2.3	Simulación basada en agentes	48
2.2.4	Algoritmos de optimización	50
2.2.4.1	Algoritmo de búsqueda aleatoria (Random Search)	50
2.2.4.2	Algoritmo Hill Climbing	50
2.2.4.3	Evonorm	51
2.2.4.4	Algoritmo Genético	52
3.	Metodología	53
3.1	Descripción de la metodología	53
4.	Casos de Estudio	58
4.1	Caso patentes	58
4.1.1	Arquitectura de agentes	59
4.1.2	Optimización	61
4.2	Caso Capacidad de Innovación	62
4.2.1	Arquitectura de agentes	62
4.2.2	Optimización	65
5.	Resultados	67
5.1	Caso Patentes	67
5.2	Caso Capacidad de Innovación	67
5.3	Análisis de resultados	67
6.	Conclusiones	70

7.	Referencias bibliográficas	71
----	----------------------------	----

Lista de Tablas

Tabla 1	Sistemas Nacionales: Instituciones Tradicionales	17
Tabla2	Tabla comparativa de los sistemas de innovación	24
Tabla3	Esquema del agente “Centro de reclutamiento”	58
Tabla 4	Esquema del agente “Gobierno”	59
Tabla 5	Esquema del agente “Gobierno & Empresa”	59
Tabla 6	Esquema del agente “Total”	63
Tabla 7	Esquema del agente “Self-financing”	63
Tabla 8	Esquema del agente “Quality”	63
Tabla 9	Esquema del agente “Human-resources”	64
Tabla 10	Esquema del agente “Cinnov”	65
Tabla 11	Resultados finales de “Patentes”	67
Tabla 12	Resultados comparativos finales de “Capacidad de Innovación”	67

Lista de figuras

Figura1	El proceso de innovación	10
Figura 2	Integración de las teorías de innovación	11
Figura 3	El ciclo de vida de un producto y la innovación	12
Figura 4	Elementos de un Sistema de Innovación	15
Figura 5	The National Diamond	18
Figura 6	The Finish National Innovation System	25
Figura 7	Sistema Chileno de Innovación	26
Figura 8	El Sistema Regional de Innovación	27
Figura 9	Modelo de comercialización tecnológica	28
Figura 10	The Innovation Continuum: An Interventionist Approach, Arizona, USA	29
Figura 11	Sistemas de Innovación de España	30
Figura 12	Mapa Funcional del Sistema Nacional de Innovación Español	32
Figura 13	Sistema de Innovación de Andalucía (España)	32
Figura 14	Modelo de Innovación InnovAragón 2006-2008	33
Figura 15	Sistema de Innovación de la comunidad Autónoma de Canarias	35
Figura 16	Sistema de I+D+I de Cantabria, España	36
Figura 17	Sistemas de innovación de la comunidad de Cataluña, España	36
Figura 18	Sistema Regional de innovación de Asturias, España	38
Figura 19	Modelo de Vinculación estatal (Guanajuato, México)	42
Figura 20	Modelo de Innovación (Vinculación Ciencia y Tecnología), BC, México	43
Figura 21	Sistema de Organización Local Estratégica para la innovación (SOLES)	43
Figura 22	Mecanismo propulsor de la Política de Innovación Tecnológica	44
Figura 23	Modelo Tamaulipas	45
Figura 24	Modelo de Captación y Atención de Demandas de Investigación y Desarrollo	45
Figura 25	Ejemplo de Función de Membresía	47
Figura 26	Elementos de un sistema Difuso	47
Figura 27	Esquema de la Metodología empleada	53
Figura 28	Arquitectura de un agente para evaluar la generación de ideas	54

Figura 29 Arquitectura de un agente para evaluar el grado de selección y evaluación de ideas	54
Figura 30 Indicadores de Innovación	55
Figura 31 Modelo preliminar “Patentes”	60
Figura 32 Modelo Preliminar “Capacidad de Innovación”	62

Lista de Ecuaciones

Ecuación 1	Función de pertenencia	46
Ecuación 2	Función objetivo del Caso “Patentes”	61
Ecuación 3	Función objetivo del Caso “Capacidad de Innovación”	65

1. INTRODUCCION

Distintos pensadores han incluido en sus teorías el concepto de innovación como factor de competitividad y productividad. Y hasta hace poco tiempo el proceso de innovación se consideraba un modelo lineal: Un proceso que evolucionaba pasando por etapas de investigación, invención, innovación y difusión. Sin embargo en la actualidad el conocimiento sobre los procesos de innovación se ha visto ampliado y se reconocen por sus continuas interacciones y mecanismos de feedback que implican ciencia, tecnología, aprendizaje, política y demanda [1]. De esta manera el modelo de lo linealidad, supone que la innovación se ve estimulada por numerosos actores y fuentes de información, tanto dentro como fuera de la empresa o de la institución: el departamento de I+D, la alta dirección, la cooperación entre departamentos, así como la cooperación externa con otras empresas (clientes y proveedores), con proveedores de conocimiento (universidades, centros tecnológicos) con organismos financieros o con las administraciones públicas.

El modelo interactivo parte de una interacción continua entre los distintos agentes y elementos del mismo a lo largo de todo el proceso de innovación y de la posterior comercialización de los resultados. Incluso, una vez que el producto este plenamente introducido en el mercado, el proceso continua mediante el perfeccionamiento, diversificación de productos, procesos de producción y de las tecnologías utilizadas. El enfoque de los Sistemas de Innovación utilizando por Freeman (1987), Lundvall (1992), Nelson y Rosenberg, 1993; Edquist (1997), esta principalmente basado sobre la teoría del aprendizaje interactivo de Lundvall (1992), la cual hace especial hincapié sobre las relaciones existentes entre los diversos agentes que producen innovaciones. Dicho enfoque, pretende analizar la existencia de los actores o agentes de un determinado territorio (nación o estado, región, etc.) tales como las instituciones gubernamentales, clusters, universidades, industrias, etc., las competencias que estos poseen, y las interacciones que se producen entre ellos

por medio de Redes de Innovación, dotando a las autoridades (nacionales, regionales o locales) de una herramienta que facilite la definición de políticas mas eficientes [2].

Del estudio de la innovación, el desarrollo de nuevos conocimientos y productos parte el interés por estos sistemas, que se vincula a la inquietud de diversos investigadores por el rol de las innovaciones, la creación de conocimientos y capacidades en el desarrollo económico. Puede afirmarse que este interés se cristaliza, primero, en los estudios sobre los sistemas nacionales de innovación para luego enfocarse en los aspectos locales, regionales y sectoriales de esos sistemas.

Esos estudios colocan el punto de partida en las interacciones y no ya solamente en lo que sucede dentro de las empresas. Es así, como se señala la importancia de los sistemas y no solamente de las empresas y centros tecnológicos en el proceso de innovación. El giro hacia las interacciones llevo a considerar los tipos de sistemas productivos y la especificidad de los procesos de creación de conocimiento al interior de cada uno de ellos. El estudio de los procesos que llevan al desarrollo de las innovaciones dentro de los sistemas productivos locales también ha tenido en cuenta como se crea y se utiliza el conocimiento y como se desarrollan capacidades individuales, grupales y de las empresas para crear y utilizar ese conocimiento.

Varios autores han desarrollado esquemas no solo para analizar los conjuntos de empresas (vinculados entre si por diversas relaciones y relativamente concentrados en un determinado lugar) sino, también, para convertirlos en sujeto de diversas políticas, en particular aquellas vinculadas a la innovación, en diversos países del mundo [3]. Estas aproximaciones teóricas las podemos vincular con precedentes teóricos de competitividad tales como los distritos industriales¹ o los clusters², lo cual nos permite observar nuevamente la relación existente entre competitividad e innovación.

El principal motivo para pensar en términos de Sistemas de Innovación ha sido la comprobación de que la innovación es un proceso interactivo, cuyos resultados dependen de las relaciones entre los diversos agentes. También resulta importante conocer y diagnosticar el estado de los sistemas regionales de innovación, ya que la innovación, como la ha señalado la OECD (1992) es un componente fundamental para el desarrollo de la competitividad. En segundo lugar, porque a nivel del territorio, la innovación puede aportar simultáneamente a las dimensiones del crecimiento y de la

¹ Becattini, G. 1979

² Porter 1990

equidad, facilitando procesos de endogeneización del desarrollo. En tercer lugar, porque la innovación no ocurre como un suceso aislado, sino en el marco de ciertas redes de actores (más fuertes o más débiles), las cuales determinan en gran medida la posibilidad de difusión tecnológica y de generación de sinergias que favorezcan al tejido regional-territorial en su conjunto. En cuarto lugar, porque con la globalización han perdido fuerza los Estados Nacionales y emergen las localidades y las regiones como unidades territoriales de desarrollo y de inserción en el mercado mundial [4].

De acuerdo al manual de Oslo de la OCDE, innovación es la introducción de un nuevo o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores. Y Lundvall quien introdujo el concepto de Sistema de Innovación lo define como “Una serie de elementos y las relaciones entre estos elementos... que interactúan en la producción, difusión y el uso de un nuevo conocimiento económicamente útil...”. Las instituciones y organizaciones son los principales componentes de un sistema de innovación. Las organizaciones desempeñan actividades y las instituciones proveen incentivos para esas actividades. Las organizaciones son estructuras formales con un propósito explícito, son creadas conscientemente y pueden ser compañías (por ejemplo: proveedores, clientes, competidores), universidades, empresas de capital, y centros de investigación públicos. Y las instituciones son un conjunto de hábitos comunes, rutinas, prácticas establecidas, reglas y leyes que regulan las relaciones e interacciones entre individuos, grupos y organizaciones [5].

Los modelos creados pueden ser mejorados en su representación del sistema, considerando no solo sus elementos e interacciones, sino también con lo que le influye al sistema. Para ello se pueden estudiar los entornos financiero (condiciones de apoyo para los proyectos de investigación e innovación, el productivo (empresas que pueden impulsar las posibles innovaciones), el científico (investigación básica), el tecnológico (investigación básica y aplicada), estructuras de interfaz, y un marco legal e institucional [2].

En esta investigación sostiene que es primordial caracterizar las relaciones existentes entre los agentes y los indicadores con la mayor precisión, ya que pueden informar mejor a los encargados de adoptar decisiones. Además de que es necesario incrementar la capacidad de innovación, como base fundamental para innovar, o

encontrar como mejorar dicha capacidad. Y del estudio de esta pueden resultar cambios de perspectiva acerca de la actuación de los miembros de un sistema de innovación o de diferentes grupos que contribuyen.

1.1 Planteamiento del problema

Los gobiernos están abandonando los conceptos basados en los “sistemas de ciencia y tecnológica”, y sustituyéndolos por modelos de “sistemas nacionales de innovación”. Los SNI están basados en considerar que la competitividad esta impulsada por la innovación científica y tecnológica.

Desde los años 80's en que hizo su aparición este concepto, ha venido evolucionando y adaptándose ampliamente hasta nuestros días [6]. A diferencia de los modelos de ciencia y tecnología, que se centraban en si mismos, y con escasas relaciones en el contexto; en los SI las instituciones e individuos dedicados a estas actividades tienen que diversificar sus vínculos con los otros agentes de la innovación. Ahora es impensable pensar que la competitividad puede lograrse sin pertenecer a redes económicas globales; así como se globalizo la actividad económica, la innovación también debe de internacionalizarse. Los sistemas estatales de ciencia y tecnología tienen que ser transformados con celeridad en “Sistemas Estatales de Innovación”.

Es aquí donde Coahuila muestra retrasos, reflejo de la evolución de la política científica y tecnológica en México: La Ley de Ciencia y Tecnología promulgada en el año 2002, esta basada en modelos de Ciencia y Tecnología, que poco considera los nuevos enfoques de la innovación. Otros países como Brasil, España y Corea ya han adoptado estos conceptos, cuyo principal enfoque es en los estados, diseñando sus propias políticas.

En 1996 se creo el consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYT), y promulgo su primera versión de Ley Estatal de Ciencia y Tecnología; además se generaron avances en política estatal de ciencia y tecnología, se fortalecieron relaciones con el CONACYT, así como la creación del Fondo Mixto del Estado de Coahuila que es la principal fuente de financiamiento de actividades de I&D. El Estado contó con un organismo que inicio a observar y registrar indicadores sobre la dinámica de la ciencia y la tecnología; es decir numero de publicaciones, tramites y numero de patentes, el

desarrollo del capital humano y de los investigadores del Sistema Nacional de Investigadores. Además los Centros de investigación se volvieron parte de redes más complejas del conocimiento, pero todavía con escasa participación con el sector productivo.

Se requiere que a 12 años de su origen, se reflexioné para generar opciones como los SI. Esto para conocer como estimular el proceso de innovación en el Estado, y como se visualizara Coahuila en los próximos 5 o 10 años. Con este proyecto que forma parte de la aprobación del Fondo Mixto CONACYT – Gobierno del Estado de Coahuila No. 62157; que generara un modelo preliminar de innovación, responderá a dichos planteamientos.

1.2 Preguntas de Investigación

Finalmente la investigación tratara de responder a algunas preguntas:

- ¿Cómo estimular el surgimiento de un proceso en el que la ciencia, la tecnología y la innovación florezcan para favorecer el desarrollo económico?
- ¿Como establecer una metodología para la simulación del sistema y su posterior evaluación?
- ¿Como diseñar el modelo?
- ¿Como construir y modelar el sistema a través de agentes inteligentes?
- ¿Como establecer una metodología que sea de aplicación general?
- ¿Como procesar la información cualitativa?
- ¿Como realizar el procesamiento de información donde existe incertidumbre?
- ¿Como plasmar la incertidumbre que se presenta en las relaciones existentes entre los agentes?
- ¿Como tomar decisiones a pesar de la incertidumbre?
- ¿Como optimizar los parámetros que determinan la eficiencia de un sistema de innovación o de un objetivo planteado?

1.3 Hipótesis

En el marco de ideas contemplado en la introducción y el planteamiento del problema resalta la hipótesis principal.

Mediante agentes inteligentes difusos es posible modelar y simular un sistema de innovación (que incluye el entorno productivo, científico, tecnológico y financiero), lo que nos permite cuantificar y cualificar las interacciones que se producen entre los agentes que lo constituyen.

El grado de interacción entre las entidades que pertenecen a cada uno de los entornos que constituyen el sistema de innovación, permiten conocer la capacidad de innovación del sistema mismo.

1.4 Objetivos

Desarrollar y aplicar una metodología basada en agentes para evaluar un *Modelo Preliminar de Innovación Estatal* basada en la vinculación con los sectores productivos, científicos, tecnológicos y financieros que permita elevar la competitividad de la actividad científica y tecnológica que se realiza en el Estado de Coahuila.

Para lo cual se han establecido objetivos específicos que nos ayudaran a lograr el objetivo general mencionado anteriormente.

- Identificar los elementos y estructuras de capacidad interactiva (empresas, universidades, centros de investigación, instituciones de financiamiento, etc.) en el Estado y su evaluación de dichos sistemas identificados.
- Realizar una evaluación comparativa del Sistema Estatal actual y otros Sistemas de Innovación.
- Elaborar una base documental para apoyar el posible rediseño del actual sistema de ciencia y tecnología y la inclusión de la innovación como factor estratégico de diferenciación.

1.5 Justificación

- La elaboración del modelo preliminar partiendo de la idoneidad del nivel estatal para estudiar las variables implicadas en el sistema de innovación.
- Los elementos que componen el sistema tienen que hacer un gran número de supuestos sobre desarrollo de mercado, innovación, canales, etc.
- Adecuada interacción y cooperación entre los diversos actores.
- Planificación de las políticas de I&D, de acuerdo a su impacto en el sistema.
- Toma de decisiones contemplando posibles escenarios futuros del sistema.
- Evaluación de las políticas de I&D y de las medidas emprendidas en función de los objetivos propuestos.

1.6 Delimitaciones

Limitaciones de territorio, comprende una investigación local, que se pretende aplique al Estado de Coahuila de Zaragoza.

El proyecto cuenta con recursos aproximados de \$450,000 para la realización del proyecto. Además de limitaciones de información o de dificultad de acceso a la misma.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Marco Teórico

Los Sistemas de Innovación están basados en considerar que la competitividad esta impulsada por la innovación científica y tecnológica. Desde los años 80's en que empezó a aparecer este concepto, ha venido evolucionando y adaptándose ampliamente [6]. Se ha estudiado el proceso de la innovación bajo distintas perspectivas teóricas, y estos estudios han desarrollado diferentes nociones y modelos tales como:

En 2001 C. Werker, menciona que la innovación, el rendimiento del mercado y la competencia están relacionados entre sí; sirviendo estos de base para la toma de decisiones de las empresas y para los encargados de formular políticas. Además en el curso de la evolución del mercado se presentan diversos cambios como nuevas necesidades, así también debe existir ese cambio en los conocimientos que se necesitan para satisfacer esas necesidades con productos adecuados. Con el fin de modelar la evolución del mercado y los cambios resultantes, se apoya en el concepto de Dosi, de paradigmas tecnológicos y del concepto de Invierno de los regímenes tecnológicos, que se integraron en un modelo de ciclo de vida. Las simulaciones que realizo con este modelo ayuda a comprender cómo es la dinámica de la evolución del mercado, las formas del funcionamiento del mercado y la competencia. También muestra atractivos resultados de estrategias empresariales para penetrar a nuevo mercado, o sobrevivir a largo plazo [7].

En 2005 Vito Albino, identifico que a pesar de la amplia literatura existente sobre distritos industriales (IDS), la conducción de los procesos de identificación de la innovación todavía no recibía mucha atención. Dirigió su investigación acerca de cómo los nuevos procesos de innovación surgen, cómo, cuándo y dónde. Menciona que para abordar estas se necesitan nuevos enfoques teóricos y metodologías. La investigación se acerca al complejo tema mediante el uso de la metodología basada en agentes. En particular, esta simulación se lleva a cabo para investigar cómo los

procesos de innovación tienden que ser modificados para asegurar su supervivencia en un medio altamente competitivo [8].

En 2005 Sven März, señala que para comprender el desarrollo de los procesos de innovación hay que centrarse en los procesos subyacentes de crear y compartir nuevos conocimientos. Presenta una simulación evolutiva, utilizando un modelo para conocer los procesos de innovación. El modelo se basa, por un lado, en normas sobre el rendimiento del mercado, las inversiones y la I + D estrategias, y por otro lado, la creación de conocimiento (la capacidad de las empresas a crear conocimiento a través de I + D y la capacidad de descubrir y asimilar los nuevos avances de la investigación académica básica y competidores) y la transferencia de conocimientos [9].

En el 2006 Luciano Caprino, menciona que la evaluación de la innovación en la industria farmacéutica es una cuestión polémica, porque se trata de diferentes perspectivas: la de los pacientes, y la formulación de políticas de las empresas farmacéuticas así como de autoridades reguladoras. Por otra parte, el valor innovador de un nuevo medicamento suele ser una propiedad intrínseca del compuesto, pero también depende del contexto específico en que el medicamento se introduce y la disponibilidad de otros medicamentos para tratar la misma condición clínica. De este modo, diseñó un modelo para evaluar la innovación de los medicamentos para ser capaz de capturar las propiedades intrínsecas de un compuesto (que suele surgir durante la I + D) y / o modificación de su valor innovador con el tiempo. Desarrolló un algoritmo de evaluación (IAA), un modelo de simulación para evaluar la innovación de los medicamentos. Finalmente establece un puntaje de la innovación del medicamento mediante la información generada durante la pre-comercialización y la post - fase de autorización [10].

2.1.1 Innovación

De acuerdo al manual de Oslo de la OCDE, innovación es la introducción de un nuevo o significativamente mejorado, producto (bien o servicio), de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método organizativo, en las practicas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores. Y las actividades empresariales para obtener la innovación tecnológica, se muestran en la figura 1.



Fig. 1. El Proceso de Innovación

Fuente: El sistema español de innovación. Cotec. 2004.

Otra definición mas sencilla y explicita es la de Porter, “Una nueva manera de hacer las cosas que es comercializada” [11].

La innovación es la creación de nuevos productos, procesos, conocimientos o servicios, utilizando el conocimiento científico nuevo o existente o el conocimiento tecnológico que provee diferenciación al sector industrial, el país o en el mundo, y por supuesto éxito el mercado. Y en respuesta aumenta la competitividad.

Se distinguen 4 tipos de innovación: las innovaciones de producto, las innovaciones de proceso, las innovaciones de mercadotecnia y las innovaciones de organización. Y a continuación se definen:

Innovación de producto, es la que se corresponde con la introducción de un bien o de un servicio nuevo, o significativamente mejorado, en cuanto a sus características o en cuanto al uso al que se destina. Esta definición incluye la mejora significativa de

las características técnicas, de los componentes y los materiales, de la informática integrada, de la facilidad de uso u otras características funcionales.

Innovación de proceso es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, proceso de producción o de distribución. Ello implica cambios significativos de las técnicas, los materiales y/o los programas informáticos.

Innovación mercadotecnia es la aplicación de un nuevo método de comercialización que implique cambios significativos en el diseño o el envasado de un producto, su posicionamiento, o su promoción.

Innovación de organización es la introducción de un nuevo método organizativo en las prácticas, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores de la empresa.

Y la medición de los tipos de innovación (figura 2) representa una integración de las concepciones de las diversas teorías de la innovación basadas en la empresa con los planteamientos sistémicos de la innovación.

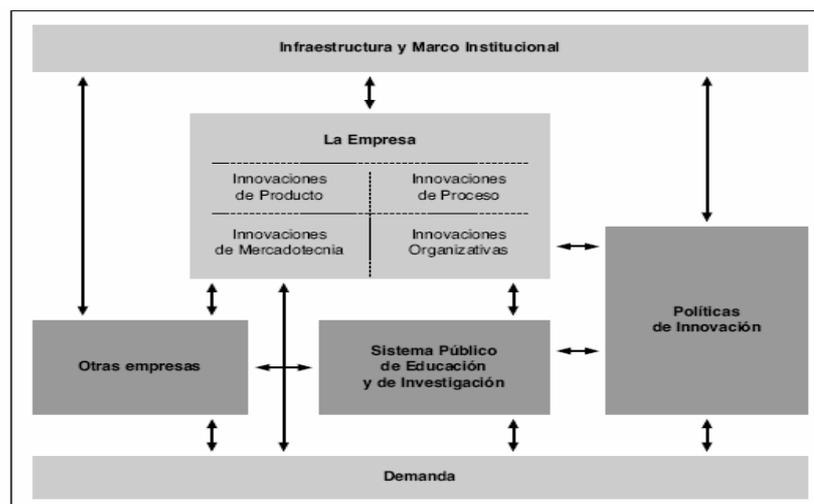


Fig. 2 Integración de las teorías de la innovación

Fuente: Manual de Oslo

Donde destaca el papel de los vínculos con otras empresas o instituciones, el marco institucional o legal en que funcionan las empresas y el papel de la demanda.

Las actividades de innovación tecnológica son el conjunto de etapas científicas, tecnológicas, organizativas, financieras y comerciales, incluyendo las

inversiones en nuevos conocimientos, que llevan o que intentan llevar a la implementación de productos y de procesos nuevos o mejorados. La I+D no es más que una de estas actividades y puede ser llevada a cabo en diferentes fases del proceso de innovación, siendo utilizada no sólo como la fuente de ideas creadoras sino también para resolver los problemas que pueden surgir en cualquier fase hasta su culminación. El término I+D engloba tres actividades: investigación básica, investigación aplicada y desarrollo experimental. La I+D engloba tanto la I+D formal realizada en los departamentos de I+D así como la I+D informal u ocasional realizada en otros departamentos.

La teoría de la innovación trata de identificar los agentes y efectos que el proceso de innovación crea, que afectan este mismo proceso y a un país. Así mismo la literatura de los sistemas de innovación se enfoca en el flujo del conocimiento a nivel personal, regional o nacional. Este flujo de conocimiento incluye las interacciones institucionales entre los agentes tales como las empresas, universidades, centros de investigación y el entorno del gobierno (políticas, legislaciones, infraestructura, financiamiento, características del mercado, inversión en tecnología e investigación).

En el esquema del ciclo de vida de un producto se observa que en la etapa de desarrollo que corresponde a las fases de la innovación, el flujo es negativo. Es decir que la empresa tiene que invertir, y que una buena gestión de la innovación es importante, para que el producto llegue cuanto antes al mercado.

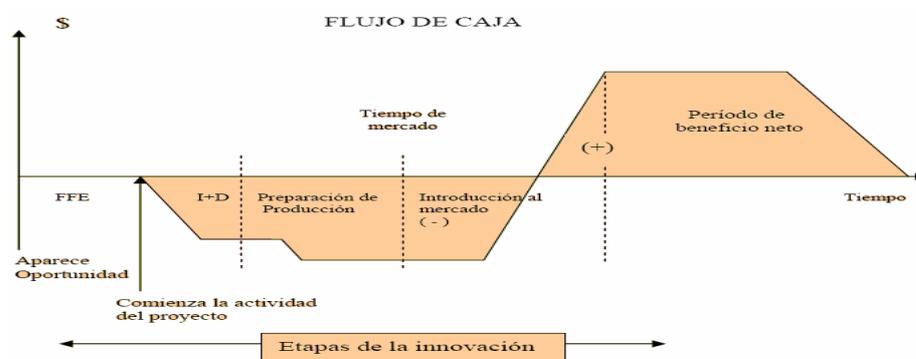


Figura 3. El ciclo de vida de un producto y la innovación

Fuente: Adaptación del modelo de Patterson, Banágil y Miranda (2001), Patterson (1996).

2.1.2 Sistemas de Innovación

El concepto de Sistema de Innovación fue introducido por Lundvall en 1985, aun sin el adjetivo “nacional” y posteriormente es retomado por Freeman en su libro sobre Japón en 1987. Sin embargo se destacan dos elementos importantes, el primero se refiere al ámbito de los estudios económicos sobre el cambio técnico y la innovación y el segundo tiene que ver con las necesidades políticas de los agentes gubernamentales.

Definiciones sobre el concepto de los Sistemas de Innovación:

- “Red de instituciones de los sectores publico y privados cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y difunden las nuevas tecnologías” (Freeman, 1987).
- “Serie de elementos y las relaciones entre estos elementos...los cuales interactúan en la producción, difusión y utilización del nuevo conocimiento económicamente útil...” (Lundvall, 1992).
- “Los Sistemas Nacionales de Innovación esta constituido por “agentes interrelacionados” que interactúan influyendo en la ejecución de la iniciativa e innovación en la economía nacional. Estas interacciones se producen en un contexto específico y bajo ciertas normas compartidas, rutinas y practicas establecidas” (Nelson y Rosenberg, 1993).
- “Una manera de abarcar las numerosas facetas (de la relación entre la tecnología, el comercio y el crecimiento) con el fin de sugerir que el desempeño de las economías nacionales depende de la forma de vinculación de las organizaciones e instituciones propician la innovación y el prospero crecimiento en los diferentes países” (Chesnais, 1995).

El enfoque de los Sistemas de Innovación (de autores como Freeman, Lundvall, Nelson y Rosenberg, Edquist) está principalmente basado sobre la teoría del aprendizaje interactivo (Lundvall, 1992), la cual hace especial hincapié sobre las

relaciones existentes entre los diversos agentes que producen innovaciones. Dicho enfoque, pretende analizar la existencia de los actores o agentes de un determinado territorio (nación o estado, región, etc.) tales como las instituciones gubernamentales, clusters, universidades, industrias, etc.; las competencias que éstos poseen, y las interacciones que se producen entre ellos por medio de Redes de Innovación, dotando a las autoridades (nacionales, regionales o locales) de una herramienta que facilite la definición de políticas más eficientes de innovación.

A modo introductorio, se pueden diferenciar tres esenciales líneas de actuación en las que se han desarrollado los Sistemas de Innovación (Balzat y Hanusch, 2003):

- Estudios basados en Políticas de Innovación, comparando las características de diferentes Sistemas de Innovación por medio de análisis de Benchmarking;
- Estudios que pretenden formalizar el concepto de los Sistemas Nacionales de Innovación a través de modelos descriptivos o analíticos;
- Estudios sobre los Sistemas Nacionales y/o Regionales de Innovación de determinados países y/o regiones.

Es posible concluir que un Sistema de Innovación, es un sistema abierto, dinámico y social, como consecuencia de las interacciones que se producen no solo entre los agentes socioeconómicos que lo constituyen, sino también a las debidas al sistema en su conjunto, con el entorno que lo rodea. A pesar de que la mayor parte de las definiciones consideran a las interacciones como uno de los principales elementos de los Sistemas de Innovación, los modelos creados en este marco podrían ser mejorados en su representación del sistema (figura 4), no solo debido a las interacciones entre los agentes socio-económicos que los constituyen, sino también debido a las interacciones entre el sistema objeto de análisis y el resto de los Sistemas de Innovación con los cuales se relacione o de los que se pueda ver influido.

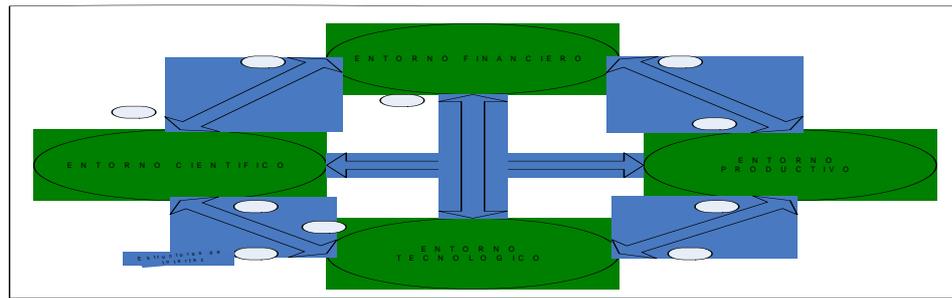


Fig. 4. Elementos de un Sistema de Innovación

Fuente: Fernández de Lucio y Castro (1995)

- El entorno financiero establece las condiciones en las cuales se apoyan a diversos proyectos de investigación y desarrollo que tengan una vocación de innovación potencial. En México el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Nacional Financiera, y otras instituciones dependientes de la Secretaría de Economía tienen programas para apoyar financieramente y con diversos esquemas los proyectos de investigación y desarrollo que brinden innovaciones.
- El entorno productivo está formado por las empresas que pueden producir, comercializar y distribuir posibles innovaciones. Los agentes de este entorno buscan enlazar el desarrollo tecnológico innovador a los usuarios.
- El entorno científico está formado por los centros de educación e investigación tanto privados como públicos. Las universidades y los centros de investigación desarrollan conocimiento que en muchos casos es abstracto, amplían el horizonte de entendimiento de los fenómenos de la naturaleza o de índole social y generan bases sólidas para generar nuevo conocimiento.
- El entorno tecnológico es conformado por entidades que utilizan el conocimiento para resolver problemas reales; es decir la investigación aplicada. Los centros de investigación de desarrollo tecnológico que son privados, gubernamentales o pertenecientes a las empresas y los negocios que ofrecen consultorías especializadas son ejemplos claros de entidades que pertenecen a este entorno. Puede percibirse, que pueden existir entidades o agentes que pueden pertenecer a dos o a más entornos.

- Las estructuras de interfaz esta conformada por los organismos u oficinas de transferencia de tecnología.
- Y el marco legal e institucional constituyen las leyes y reglamentos bajo las cuales operan los agentes que constituyen el sistema.

2.1.2.1 Fallos en el Sistema de Innovación

- Funciones o actividades en el SI que pueden ser inapropiadas o inexistentes.
- Organizaciones inapropiadas o inexistentes.
- Instituciones inapropiadas o inexistentes.
- Interacciones entre estos elementos del SI inapropiadas o inexistentes.

Hasta que no se sepa el carácter del fallo del sistema, las autoridades competentes no sabrán si influir o modificar las funciones, las organizaciones, las instituciones o las interacciones entre los mismos [1].

2.1.2.2 Clasificación de Agentes

- Centros de investigación y centros tecnológicos (universidades, organismos públicos de investigación, centros de transferencia tecnológica, etc.)
- Estructuras de interfaz (oficinas de enlace de las universidades, oficinas de transferencia de resultados de investigación, etc.).
- Proveedoras de financiación (capital de riesgo, capital semilla, etc.).
- Centros de formación (escuelas de negocio, centros de formación, etc.).
- Servicios generales de apoyo a empresas (cámaras de comercio, asociaciones empresariales, oficinas de patentes, centros de innovación empresarial, etc.) (Comisión Europea 1996).

2.1.3 Tipos de Sistemas de Innovación

Los sistemas que se abordaran son el Sistema Nacional de Innovación, el Sistema Regional de Innovación y el Sistema Estatal de Innovación. Siendo los principales precursores Freeman, Lundvall; Nelson y Cooke respectivamente.

2.1.3.1 El Sistema Nacional de Innovación

El SNI sugiere que las características de un país influyen en los resultados innovadores de sus empresas. Por lo que poco tiempo el concepto de SNI y el interés por analizar los determinantes nacionales de los procesos de innovación se extendió a varias notables publicaciones de un cualificado numero de analistas Lundvall (1992), Nelson (1993), Edquist (2001); además de una serie de renombrados organismos como la OCDE, CEPAL, ONU, la Comisión Europea, que utilizan dicho concepto como parte fundamental de su perspectiva analítica.

Un país que simplemente instala grandes naves industriales con tecnología y asistencia extranjera no experimentara el crecimiento en su capacidad tecnológica a lo largo de varias décadas, que ha sido la característica más destacada de los países a la cabeza. En la medida en que el Sistema Nacional de Innovación es el entorno clave en que las empresas adquieren y desarrollan sus capacidades tecnológicas, su fortaleza, densidad y dinamismo son condiciones necesarias para el desarrollo tecnológico, su difusión, el continuo aumento de la productividad y el mantenimiento de la competitividad internacional.

Lundvall, nos muestra como fue el surgimiento y evolución de un Sistema de Innovación Nacional hasta el siglo XX, aun cuando antes no se trataba dicho concepto.

Tabla 1. Sistemas Nacionales: Instituciones tradicionales (Fuentes de Innovación)

Fuente: Lundvall 1992 [12]

Siglo XVII	Academias de ciencias, Real Academia 1662, ciencia de la educación, universalización de la ciencia, proceedings y publicaciones.
Siglo XVIII	“Revolución Industrial” (fabricas), educación técnica, nacionalización de la tecnología, asesores, ingenieros.
Siglo XIX	Expansión de las universidades, Ph D. y facultades de ciencias, technische Hochschulen, institutos de tecnología, laboratorios gubernamentales, investigación y desarrollo industriales, institutos de homologación.
Siglo XX	Inversión en investigación y desarrollo en todas las industrias, ministerios de ciencia y tecnología, comisiones y consejos de investigación científica; servicios de I&D industriales; redes.

Además Lundvall sugiere que la idiosincrasia nacional puede ser reflejada en:

- La organización interna y la intensidad de I&D de las empresas.
- La interrelación de las empresas.
- El rol del sector publico.
- El sector financiero.

El “Nacional Diamond” (Porter 1990), analiza los elementos de un Sistema Nacional de Innovación en cuatro atributos además del gobierno y la oportunidad.

Esquema del Diamante de Porter aplicado al Desarrollo Tecnológico
Entorno Competitivo
Elementos Positivos y Negativos

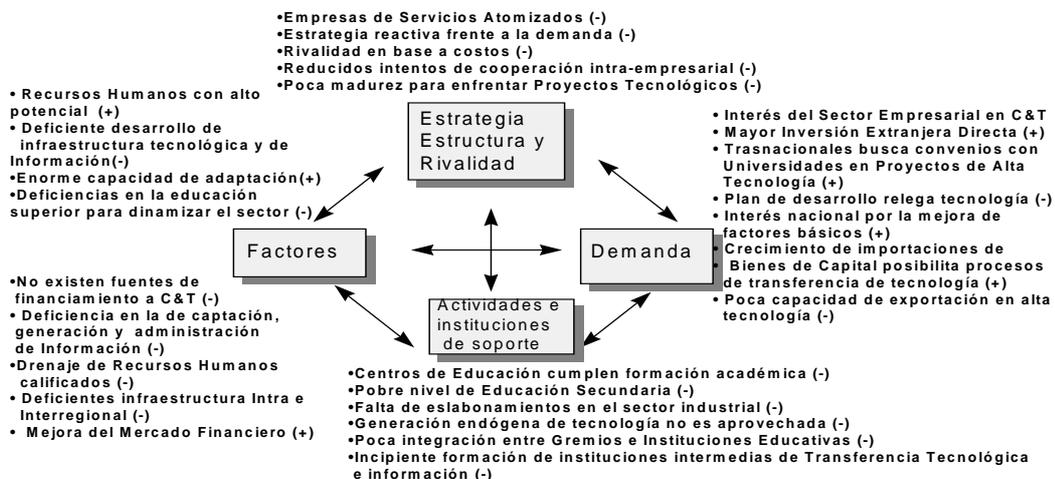


Fig. 5 The National Diamond

Fuente: Porter (1990)

El SNI toma como frontera natural al país, la cultura nacional, el lenguaje, el rol del gobierno como impulsor de la innovación en varios sectores y tecnologías en el país; además las conexiones e intercambio del conocimiento es a través de empresas, universidades y el gobierno, la llamada triple hélice.

Y algunas consideraciones principales que se abordan sobre los SNI son:

“Sistema Nacional de Innovación” es un concepto “ex post”, ha sido construido, en países desarrollados a partir de comprobaciones empíricas. En cambio, en países subdesarrollados se trata más bien de un concepto “ex ante”, en el sentido de que el comportamiento socioeconómico asociado con la innovación a nivel nacional tiene, en los hechos, un carácter escasamente sistémico.

La noción de Sistema Nacional de Innovación con lleva un sesgo normativo. La afirmación no supone la posibilidad de un diseño óptimo para los SNI, lo cual implicaría la eliminación de la diversidad, una de las características principales del enfoque.

Sistema Nacional de Innovación es un concepto “relacional”, casi toda la literatura enfatiza la importancia de las conexiones entre diferentes tipos de actores colectivos.

Los SNI son objeto de políticas, esto no quiere decir que la configuración total del sistema pueda ser diseñada a voluntad, tampoco quiere decir que cualquier política o medida de política que se diseñe pueda ser implementada exitosamente. Sin desmedro de ello, se reconoce que el concepto SNI es un concepto político, y que la realidad que describe puede ser objeto de esfuerzos políticos deliberados para cambiarla.

Los SNI describen situaciones sociales en las que está presente el conflicto, esto se plantea en dos dimensiones: Una al interior del Sistema Nacional de Innovación y otra al exterior en un nivel más general o macro social. Los conflictos “internos” tienen que ver, fundamentalmente, con competencias institucionales y, también, con problemas interinstitucionales. Los conflictos “externos”, a su vez, se plantean en varios escenarios. Uno de ellos, particularmente importante, se da a nivel de la educación; otro tiene que ver

con el grado de participación de los trabajadores en las transformaciones tecnológicas a nivel de empresa.

De tal manera que se pueden resumir las características de un sistema nacional de innovación (SIN) como sigue:

- Las empresas son parte de una red de instituciones públicas y del sector privado cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican, y difunden nuevas tecnologías;
- Un SNI consiste de conexiones (formales e informales) entre las instituciones;
- Un SNI incluye flujos de recursos intelectuales entre las instituciones;
- El análisis de los SNI enfatiza el aprendizaje como un recurso económico clave y que la geografía y la ubicación aún tienen relevancia.

2.1.2.3 El Sistema Regional de Innovación

Emerge a finales de los años 90's, pero el concepto puede ser rastreado desde que se habla de los distritos industriales. Al poco tiempo de la aparición de los SNI una serie de analistas empezaron a aplicar el concepto al ámbito regional como en el caso de Cooke en 1998. Sin embargo Cooke, no provee de una definición clara de un SRI, solamente se enfoca a las tres claves institucionales: capacidad financiera, el aprendizaje institucional y la cultura productiva, las cuales facilitan el Sistema de Innovación a nivel regional [13]. Desde la perspectiva de Cooke, en la medida en que las compañías organizan sus procesos de producción e innovación a nivel mundial toman ventaja de los recursos específicos de los diferentes territorios, por lo que plantea que estos se conviertan en regiones de interés económico natural, en especial cuando se han desarrollado clusters y la infraestructura administrativa apropiada para apoyar las actividades innovativas. Y define a los clusters como “una densa red de actores económicos que trabajan estrechamente juntos y tienen una relación intensa de intercambio”. En dicha red participan todos los actores de la región que contribuyen directamente al proceso de producción dominante e incluye a empresas

manufactureras, proveedores y comercializadoras, instituciones financieras, institutos de investigación, agencias de transferencia tecnológica, asociaciones económicas y sindicales, instituciones de capacitación, gobierno regional y asociaciones informales [14]. Se trata de una discusión en torno al papel que desarrollan los espacios locales en el desarrollo industrial y la innovación, en el marco de una economía global.

Las características principales e identificables del Sistema Nacional, no dejan de tener validez al realizar estudios de carácter territorial menor. Así se puede definir un Sistema Regional de Innovación como un conjunto de redes entre agentes públicos y privados que interactúan y se retroalimentan en un territorio específico, aprovechando una infraestructura propia, para los propósitos de adaptar, generar y difundir conocimientos e innovaciones. También se puede decir que el SRI es la dinámica de introducción o no introducción de innovaciones como cualidad propia del Sistema Regional a través de la coexistencia dinámica de redes de actores, conocimientos y tecnologías. La creciente utilización del Sistema Regional de Innovación responde a la importancia que se percibe en la fuente local de habilidades directivas y técnicas, además del conocimiento tácito acumulado. A una mayor conciencia de que las competitividades de las regiones dependen en gran medida de la capacidad de las empresas locales para desarrollar actividades de innovación.

Los SRI no son estáticos sino que se adaptan a las necesidades estratégicas de las firmas y pueden ampliarse o contraerse. Esto produce una buena comprensión del cambio económico global en la donde las firmas operan. Además de que las ventajas de proximidad de las organizaciones pueden accionar el proceso de aprendizaje necesario para la innovación. Para convertirse en una región atractiva, las regiones deben ser capaces de poner en operación instituciones específicas que soporten las estrategias de innovación. La capacidad innovadora de una región no solamente está en función de su esfuerzo cuantitativo en I+D (investigación y desarrollo) y de su infraestructura tecnológica (el conjunto de centros y instituciones que llevan a cabo actividades

innovadoras), sino también de la interacción entre las empresas, administraciones públicas, y otros agentes.

Un acercamiento de Sistemas Regionales de Innovación es que muchas empresas innovadoras funcionan dentro de las redes regionales, cooperando recíprocamente no solamente con proveedores, clientes y competidores, sino también con organizaciones de investigación y cuerpos locales y regionales del gobierno. En casi todos los países se han detectado altas concentraciones geográficas de las actividades innovadoras, con regiones con una participación muy elevada en el conjunto del Sistema Nacional de Innovación (European Comision, 2002). Ello hace que, cuando se habla de un SNI, se suele describir el mismo a partir de las regiones mas avanzadas, originándose una perdida importante de información.

La paradoja de la Innovación Regional hace referencia a la aparente contradicción entre la necesidad comparativamente mayor de invertir en innovación en las regiones menos desarrolladas y su capacidad relativamente menor de absorción de fondos públicos destinados a la promoción de la innovación en comparación con las regiones mas desarrolladas. Las razones que fundamentan este análisis se basan en la extendida idea de que las industrias tienden a concentrarse en espacios específicos, así como en la existencia de políticas descentralizadas cuya aplicación tiene cabida en el ámbito regional (Porter, 1990). El SRI toma como limite una específica región donde se estudia la cultura productiva, las instituciones que influyen en la innovación de un sector o un cluster industrial en la región. La identidad regional actúa como un vehiculo crucial de la actividad económica y social que fomentan la capacidad de innovación regional y la proximidad geográfica como factor explicativo de la innovación. En cuanto al ámbito de decisión, es en el entorno regional donde mejor se reconocen las necesidades específicas y deficiencias estructurales de los agentes que forman parte del Sistema de Innovación, y desde donde más adecuadamente se pueden dar respuestas y soluciones a las mismas.

Sin embargo las restricciones presupuestarias a las que se enfrentan la mayoría de las administraciones públicas obligan a unos planteamientos muy cautelosos en la promoción de sistemas de apoyo a la innovación. Pero ya

que los SRI enfatizan el hecho de la proximidad cultural y geográfica para tender avanzadas redes y relaciones institucionales, que se convierten en importantes fuentes de innovación.

Las conexiones e intercambio de conocimiento en el SRI es a través de compartir el conocimiento tácito, y tienden a ser informales, implícitas entre los agentes. Y para la producción sistemática del conocimiento, los autores discuten su proceso:

- Funciona cada vez más dentro de un contexto interdisciplinario.
- Se realiza en formas no jerárquicas y heterogéneas.
- Involucra muchos agentes (empresas, universidades, centros de investigación, consultores) a través de todo el proceso.

El sistema de tipo regional, plantea problemas complejos de carácter cualitativo (la definición de las actividades innovadoras) y otras dificultades de tipo cuantitativo (ausencia de datos sistemáticos fiables, escasez de análisis específicos, desconocimiento del número real de empresas innovadoras, etc.) que obstaculizan el estudio de la innovación empresarial en la región. Ya que en este tipo de sistemas las estadísticas, deben contener la especificidad regional además de que sean comparables a distintas escalas, nacionales e internacionales, tal como lo proponen las directrices de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos).

Una de las dos dimensiones que tiene la especificidad de innovación regional es la territorialidad; ya que las relaciones de las empresas con su entorno resulta fundamental, y varía entre regiones, con lo cual la consideración de la localización geográfica es esencial para analizar las diferencias inter e intrarregionales y las actividades interregionales incrementarán la competitividad, tanto de las empresas locales como de las regionales [15].

La segunda dimensión es la de aportar las particularidades que adoptan los procesos de innovación en las regiones con distinto nivel de desarrollo, que básicamente son las diferencias en cuanto su capacidad de generar, absorber e integrar las innovaciones tecnológicas y transformarlas en crecimiento.

2.1.3.3 El Sistema Estatal de Innovación

Se puede decir que el SEI es una modalidad del Sistema Regional de Innovación. Krugman, menciona que los Estados son realmente la unidad geográfica correcta [16].

Cuando el sistema local genera externalidades positivas de las que pueden apropiarse los agentes, el desarrollo de la capacidad innovadora de las firmas y, por lo tanto de su competitividad, no depende del tamaño de las empresas. El sistema local actúa, en este caso, como un cuasi-mercado que contribuye a aumentar las competencias técnicas y organizacionales de las firmas, lo que constituye un elemento que favorece a los agentes de menor tamaño relativo. Esto es, en los sistemas locales (ambientes) positivos las externalidades positivas que se generan contrarrestan las desventajas competitivas asociadas al tamaño.

Por lo tanto, los sistemas territoriales se diferencian tanto en función de los recursos latentes con los que cuentan, como en términos de las capacidades diferenciales que tienen para hacer que esos recursos latentes sean ubicados y circulen, lo que requiere fuertes vinculaciones entre los agentes y las instituciones y una fuerte capacidad de aprendizaje.

2.1.3.4 Comparativa de los Sistemas de Innovación

Tabla 2. Comparación de los Sistemas de Innovación

Característica	SNI	SRI	SEI
Limites	País	Región	Estado
Links	Triple hélice	Redes, intercambio del conocimiento tácito.	Redes
Transferencia	Lenguaje común, códigos sociales, culturales de comunicación	Proximidad geográfica. No definida	Proximidad geográfica definida
Legislación	Políticas Nacionales	Políticas Empresariales	Políticas naciones y estatales
Presupuesto	Mayor capacidad	Restricciones presupuestarias	Restricciones presupuestarias
Carácter	Heterogéneo	Particularidades Especialización	Capacidades estatales

Elaboración propia

Para terminar de explorar los diferentes tipos de sistemas de innovación, es necesario conformar un estado del arte, de los sistemas que están o han sido implementados. A continuación se muestra un bosquejo de los modelos encontrados, nacionales, regionales y principalmente el caso de España y sus comunidades autónomas.

2.1.3.5 Concentrado de Modelos de Innovación

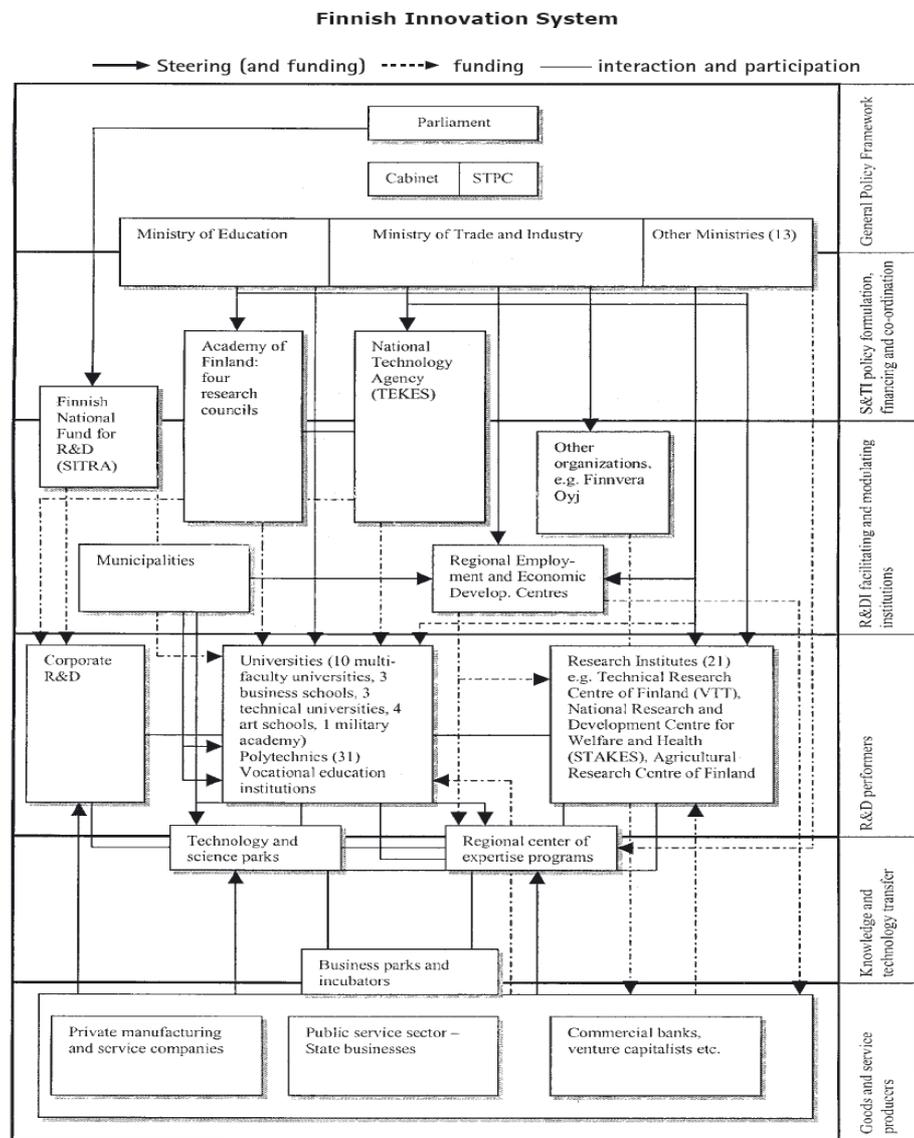


Fig. 6 The Finish National Innovation System
 Fuente: European Regions Research and Innovation Network (ERRIN)

El sistema nacional de innovación finlandés de hoy consiste en una serie de actores con distintas tareas diferentes. Sin embargo, el sistema finlandés relativamente está hecho de muchos actores, la cooperación y facilitación de tareas de asignación. Los más importantes órganos creados en virtud de la formulación de políticas son el Parlamento, el Gabinete y la Política Científica y Tecnológica del Consejo. Su función es formular directrices generales de política para el sistema de innovación. En cuanto a los ministerios, su función principal es coordinar, financiar y supervisar el sistema de acuerdo a la política general directrices. Los ministerios son las principales organizaciones de financiación pública, la Academia de Finlandia y el Consejo Nacional de Tecnología. Estos son en su mayoría entidades financieras, y tienen la tarea también supervisar, coordinar y evaluar el funcionamiento del sistema [17].

Sistema Chileno de Innovación

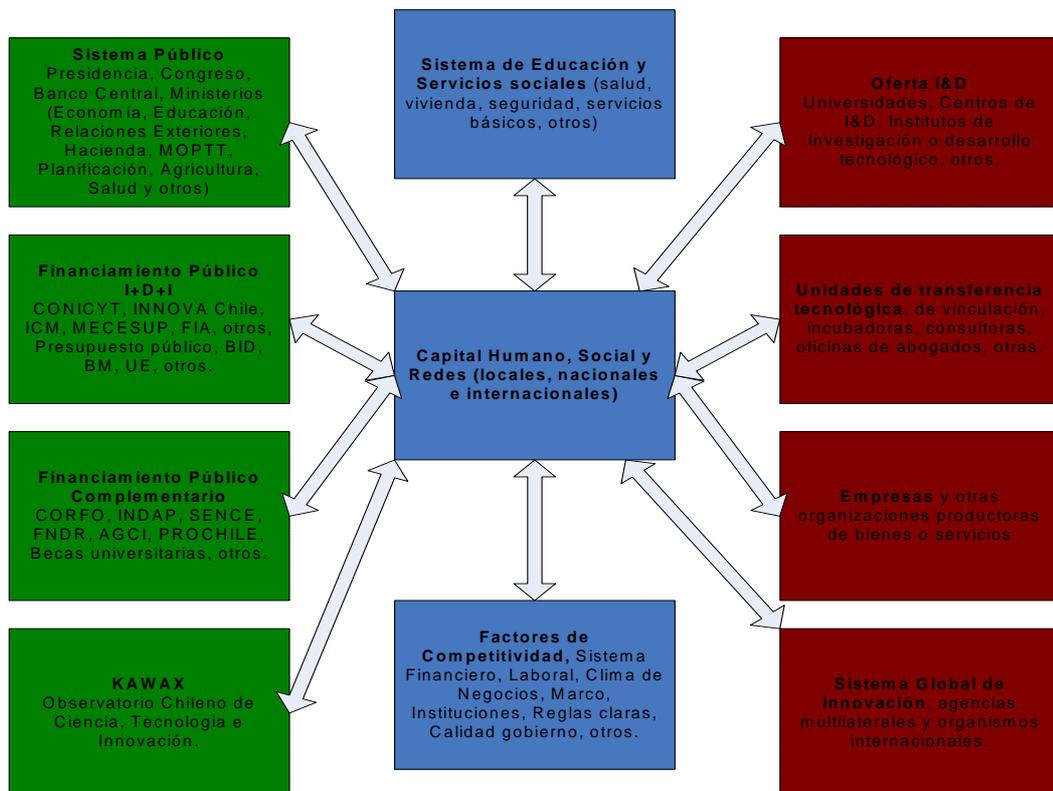


Fig. 7 Sistema Chileno de Innovación [18]

Kawax, es el observatorio Chileno de Ciencia y Tecnología, y fue concebido para diseñar, integrar y producir información, indicadores y estudios sobre la actividad nacional de Investigación, desarrollo e innovación (I+D+I), bajo estándares y metodologías internacionales. Su objetivo, orientar la acción de los agentes y tomadores de decisión que componen el Sistema de Innovación Nacional [18], para contribuir a mejorar la posición estratégica de Chile en el mundo. Se entiende por Sistema de Innovación Nacional al conjunto de actores, instrumentos y organizaciones que diseñan, estudian, financian, ejecutan o evalúan actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), ver figura 7.



Fig. 8 El Sistema Regional de Innovación

Fuente: Eva Velasco

En la figura 8, se plantea un Sistema Regional de Innovación, en el cual la innovación depende cada vez más de las sinergias y las fertilizaciones cruzadas de ideas provenientes de otras disciplinas. “Hoy las tecnologías a diferencia del siglo XIX, ya no corren en paralelo. Se entrecruzan constantemente, obligan a un sector a aprender, adquirir, adaptar, a cambiar su mentalidad misma por no hablar de los conocimientos técnicos”. Dado que muchas tecnologías son sumamente complejas, las innovaciones actuales requieren cada vez más de conocimiento externo y multidisciplinario. Una empresa de forma aislada no puede llegar a dominar todas las

áreas tecnológicas necesarias y tiene que optar por centrarse en aquellas que son más estratégicas y adquirir o desarrollar en cooperación con el resto [1].

Modelo de Comercialización Tecnológica

	Technical	Market	Business
Investigation			
	Technology Concept Analysis	Market Needs Assessment	Venture Assessment
Development Phase			
Feasibility	Technology Feasibility	Market Stud	Economic Feasibility
Planning	Engineering Prototype	Strategic Marketing	Strategic Business Plan
Introduction	Pre-Production Prototype	Market Validation	Business Start- Up
Commercial Phase			
Full Scale Production	Production	Sales and Distribution	Business Growth
Maturity	Production Support	Market Diversification	Business Maturity

Fig. 9 Modelo de Comercialización Tecnológica

Fuente: H. Randall Goldsmith, Ph.D. © 1999.

El Goldsmith Commercialization Model proporciona un marco para los esfuerzos que se presentan en la comercialización. Y ha recibido un reconocimiento nacional como instrumento facilitador de la comercialización de tecnologías avanzadas. Dado que comercializar una tecnología requiere de habilidades, recursos y hasta suerte, un buen plan disminuirá claramente el riesgo y maximizará las ocasiones para el éxito. Las herramientas y las habilidades, durante este proceso son críticas para el éxito. Es importante recordar que el ambiente de la comercialización es dinámico, debido al surgimiento de una nueva tecnología

competente, descensos en la economía, etc., con lo cual es inevitable pensar en la flexibilidad y los planes estratégicos para alcanzar los objetivos.

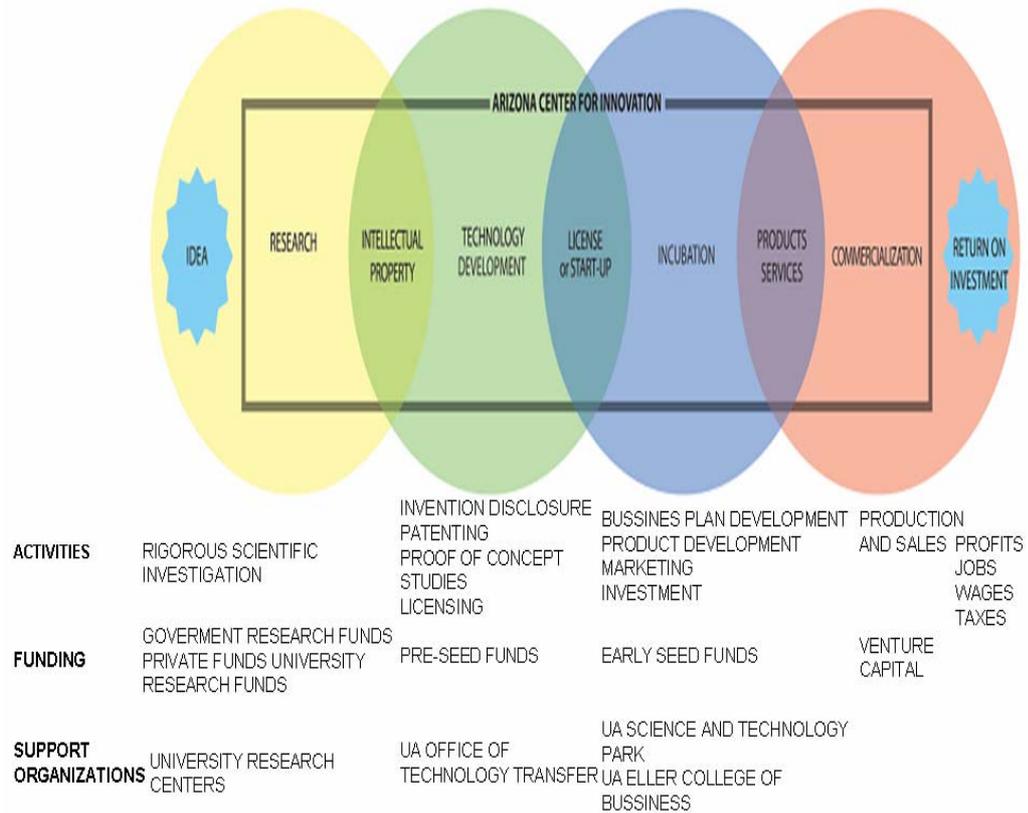


Fig. 10 The Innovation Continuum: An Interventionist Approach, Arizona, USA

El sistema de innovación de Arizona (figura 10), está basado principalmente en una cadena de 4 eslabones, en los cuales se diferencia la investigación, el desarrollo tecnológico, la incubación de un producto o servicio, y la comercialización, en cada una de ellas, existen actividades, fondos y organizaciones que apoyan cada una de esos eslabones [19].

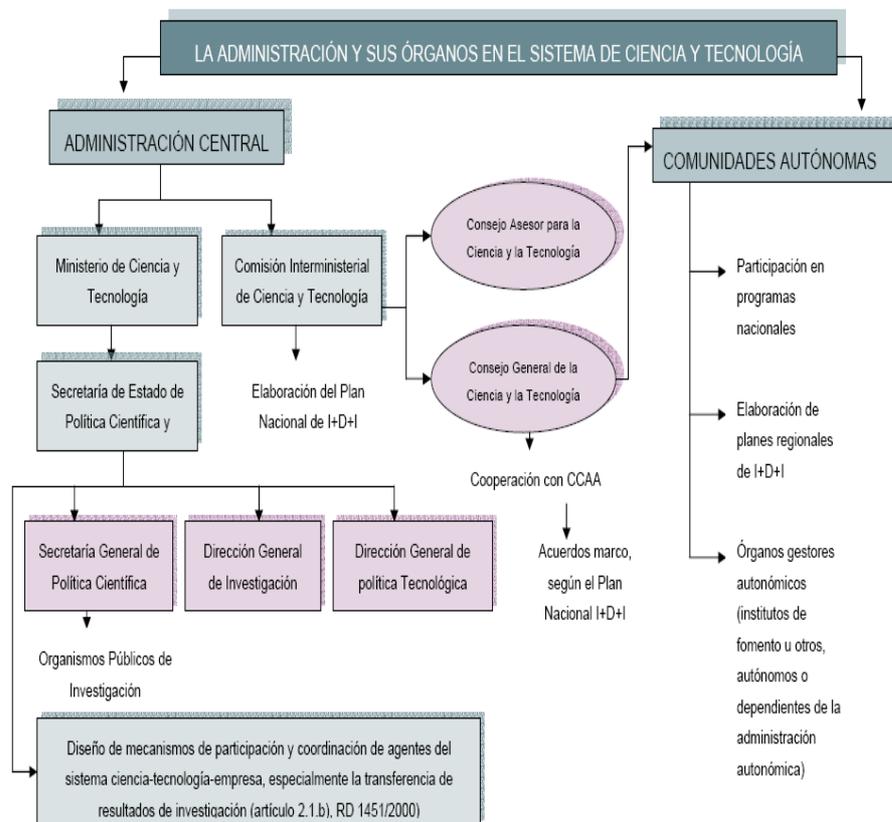


Fig. 11 Sistema de Innovación de España.

El sistema español (figura 11), es un entramado complejo compuesto por un gran número de elementos con disparidad de naturalezas y funciones. Los demandantes actuales y, sobre todo potenciales, de servicios de innovación requieren un conocimiento del sistema a un nivel suficiente como para orientar sus esfuerzos y aprovechar los recursos a ellos dirigidos, pero también para opinar y aportar al desarrollo del mismo. Atender esta necesidad es aún más importante en el caso de las pequeñas y medianas empresas. Los programas o acciones de difusión son fundamentales en cualquier política, pero su impacto es también el más difícil de valorar tanto por la dificultad para establecer relaciones de causalidad como por su extensión en el tiempo. El objetivo del modelo, es confeccionar un panorama institucional del sistema de innovación español, que incluye en sí la investigación, el desarrollo y la innovación. El propósito es el de contribuir así a su mejor comprensión desde la perspectiva de los agentes que participan en su elaboración y gestión. En conjunto se puede afirmar que la creación de un Ministerio de Ciencia y Tecnología constituye un esfuerzo institucional de concentración de competencias y

de órganos decisorios, en una dinámica de conseguir una mayor relación entre la investigación y la aplicación de sus resultados a los procesos productivos [20].

Para abordar la estructura funcional del sistema es necesario adoptar una visión global en torno a la cuestión siguiente: ¿Qué se transfiere en el sistema?, desde el punto de vista de la actividad económica, la respuesta es, en una acepción amplia del término, servicios de innovación. Por tanto, hay proveedores y destinatarios de esos servicios, pero además hay elementos interrelacionadores, cuya principal función es facilitar la transferencia de estos servicios de los primeros a los segundos. Por último, hay elementos facilitadores, cuya principal función es favorecer, dadas sus externalidades positivas, la producción y transferencia de estos servicios. Por tanto, desde una perspectiva funcional los elementos del sistema se clasifican en estos cuatro grupos aunque algunos de ellos como veremos pueden desarrollar más de una función [20].

Las universidades, los organismos públicos de investigación, los centros tecnológicos y las empresas son los proveedores del sistema. Las empresas y, en menor medida, las entidades no lucrativas y algunas administraciones son los destinatarios (demandantes) de los servicios de innovación. Entre los elementos con personalidad jurídica propia sólo las Fundaciones, Universidad y Empresa cumplen funciones específicas de interrelación entre proveedores y destinatarios, aunque hay otros dos elementos del sistema con esta función: las OTRIs y los CITs. Estas dos últimas acreditaciones complementan las funciones de proveedor del sistema, únicos elementos que pueden obtenerlas. Cabe señalar también que las OTRI pueden ser de demanda, es decir, pertenecer a uno o varios destinatarios del sistema. En este caso su función es canalizar las necesidades de esos destinatarios y hacerlas llegar a los oferentes. Por último, las administraciones, los organismos y agencias de fomento de la innovación, los parques tecnológicos y científicos y los CEEI cumplen funciones de facilitadores en el sistema. En la figura 12 se resume la clasificación funcional de los elementos del sistema, tanto de entidades como de acreditaciones [20].

Y a continuación se muestran algunos Modelos de Innovación de las Comunidades Autónomas de España, o en su defecto su Plan de Investigación, Desarrollo e Innovación. Podemos destacar los casos de Andalucía, Aragón, Canarias, Cantabria, Cataluña, Asturias, Castilla y León, Galicia y La Rioja.



Fig. 12 Mapa funcional del sistema nacional de innovación Español

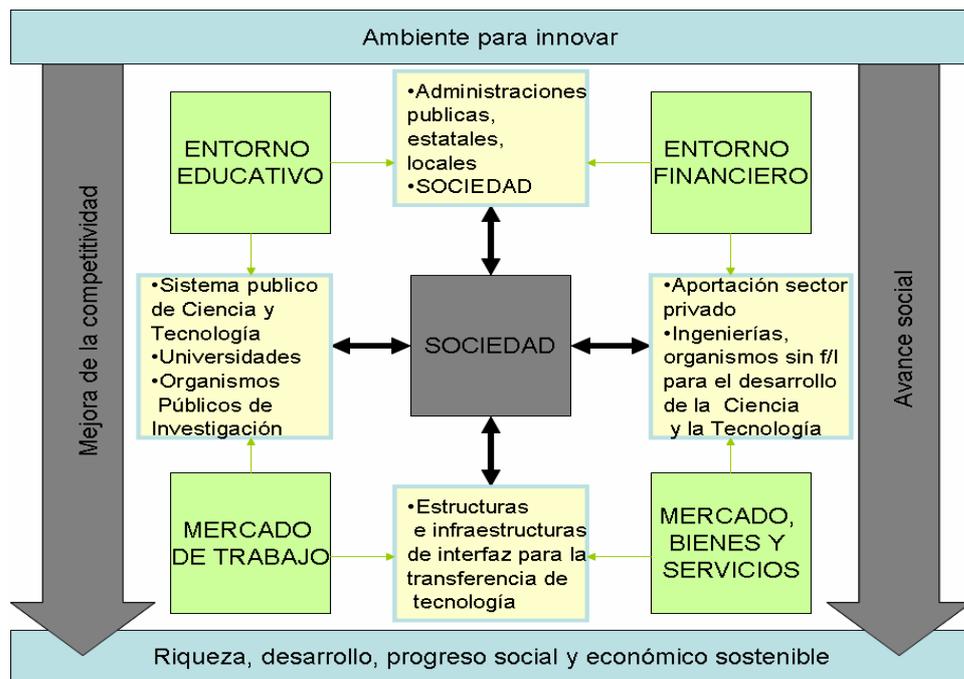


Fig. 13 Sistema de Innovación de Andalucía, España

En la figura 13 se plasma el Modelo de Innovación de Andalucía, que cuenta con alternativas en las que cuenta con distintos apoyos para la innovación, para la ciudadanía (ciudadanos, organizaciones), empresa (empresas, organizaciones, economía social, emprendedores), comunidad universitaria (profesorado, estudiantes,

profesiones), Investigadores (grupos de investigación, investigadores), agentes tecnológicos y administraciones publicas [21].

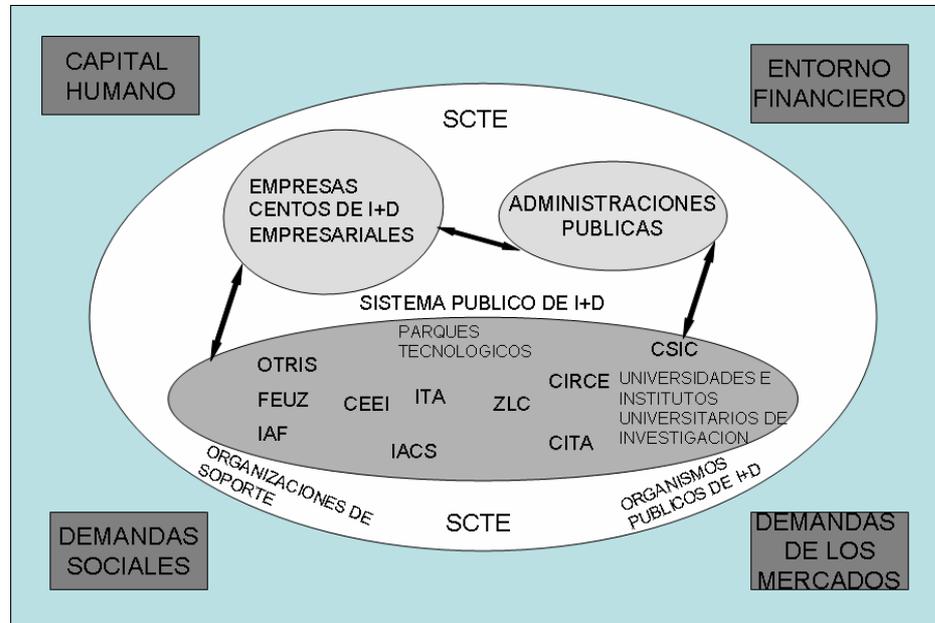


Fig. 14 Modelo de Innovación InnovAragón 2006-2008

InnovAragón 2006-2008 cuenta con un presupuesto de 3.000.000 de euros. El Gobierno de Aragón aporta 1.175.000 euros, las empresas 650.000 euros y el resto, 1.175.000 euros, provienen de fondos FEDER. Y su operación se estructura en tres acciones:

- Posiciona
- Localiza
- Aproxima

Posiciona. Posicionar a las empresas manufactureras de Aragón en el mercado internacional. La industria manufacturera tiene un destacado papel en la economía de la Comunidad Autónoma de Aragón, tanto en términos de volumen de negocio como de generación de empleo. El sector ha basado hasta ahora su competencia en los bajos costes salariales pero, actualmente, la convergencia real alcanzada por España hacia los países desarrollados de la Unión Europea, junto a la competencia de países como China e India, hacen necesario buscar otros factores

de atracción basados en la incorporación de progresos técnicos a los procesos y productos.

Localiza. Localizar actividades de investigación y desarrollo tecnológico de Aragón. Dirigida a facilitar que grandes empresas realicen actividades de I+D, en colaboración con la Universidad, los Centros Tecnológicos y las empresas aragonesas. Aragón necesita empresas que tengan la suficiente dimensión para poder llevar a cabo actividades de I+D como medio de mejorar la competitividad, retener el conocimiento generado, ejercer un impulso tractor en las PYMEs del entorno, atraer población joven y en definitiva generar riqueza para la región. Lo deseable es que las grandes empresas instalen en la propia región parte de sus centros de I+D, y desarrollen colaboraciones con universidades, centros de investigación y tecnológicos y con las empresas locales. De esta forma se consigue una generación de valor sostenible. Conseguir que grandes empresas lleven a cabo actividades de I+D en centros ubicados en Aragón, es una labor compleja que requiere en consecuencia plantearse la obtención de resultados a medio y largo plazo.

Aproxima. Red de Asesores TIC de Proximidad Es una iniciativa del Gobierno de Aragón, cofinanciada por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional a través del Instituto Tecnológico de Aragón, con el fin de favorecer el acercamiento de las Tecnologías de la Información y la Comunicación a las pequeñas empresas, contribuyendo a mejorar su competitividad, y a la sociedad aragonesa en general, tanto del ámbito rural como del urbano, para acelerar el grado de penetración de la Sociedad de la Información entre los ciudadanos y las Administraciones locales. Con esto también se cuenta a la vez con el primer Plan director de infraestructuras de telecomunicaciones de Aragón [21].

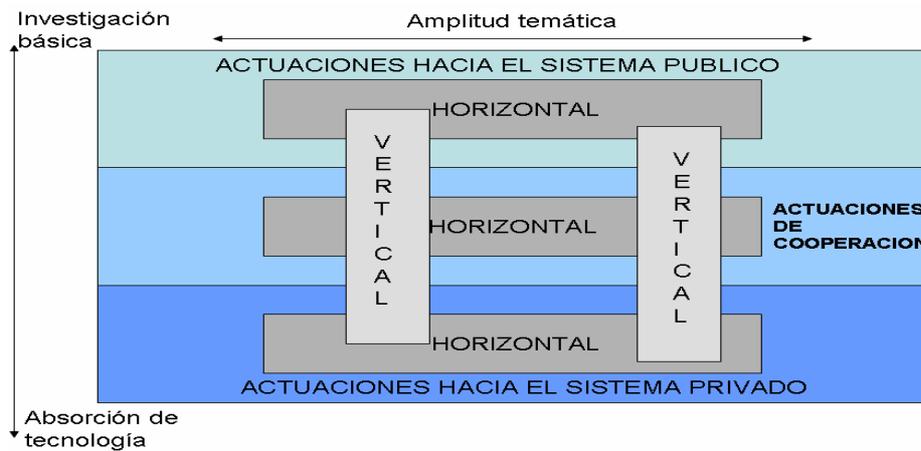


Fig. 15 Sistema de Innovación de la Comunidad Autónoma de Canarias

El Modelo de la Comunidad Autónoma de Canarias plantea tres principales objetivos:

- Abarcar la participación tanto del sector público como del privado, pero enfatizando aquellas que permitan la cooperación entre los agentes facilitando las actuaciones en red. Los tamaños de estas bandas constituyen decisiones políticas de primera magnitud.
- Los tipos de actuaciones a las que se dirige deben cubrir desde la investigación de carácter básico hasta la absorción de tecnología. La posición de las actuaciones en el eje vertical es otra decisión política importante.
- Las áreas prioritarias de actuación deben cubrir aspectos de carácter horizontal (válidas para todos los dominios científicos y tecnológicos) mientras que las de carácter vertical deben estar muy orientadas. La figura indica cómo algunas de ellas pueden estar asociadas a determinados tipos de agentes o tipos de actividad de I+D+I [21].

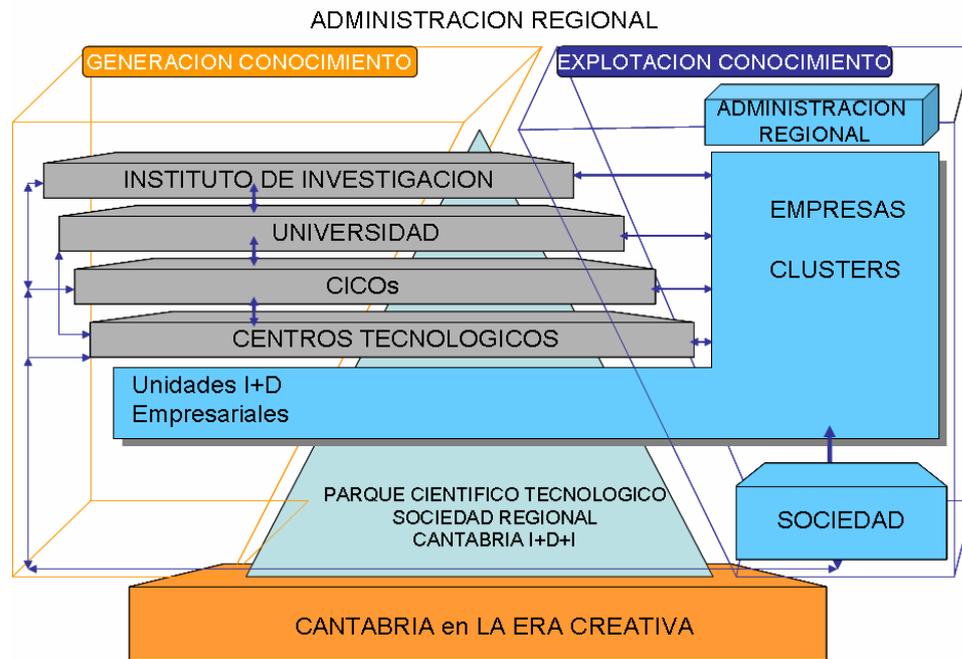


Fig. 16 Sistema de I+D+i de Cantabria, España

Cantabria ha previsto la incorporación de una nueva tipología de agente al Sistema Regional de I+D+i, cuyo diseño se ha basado en la experiencia de regiones punteras: los Centros de Investigación Cooperativa Orientada. Los CICOs, se han concebido como aquellos organismos en los que se concreta la colaboración entre agentes científico tecnológicos y agentes empresariales en áreas estratégicas y de futuro para Cantabria. En su definición se conjugan tanto su orientación a una actividad de investigación excelente, con generación de conocimiento y desarrollo de tecnología propia, como la transferencia de conocimiento generado al sector empresarial [21].

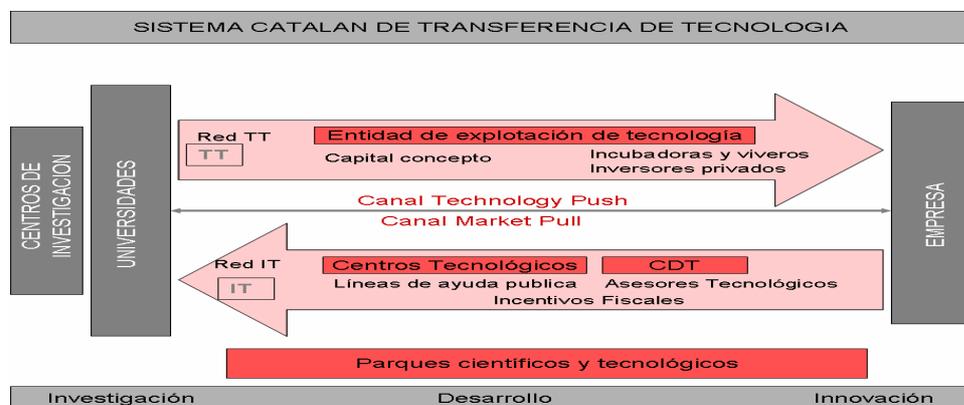


Fig. 17 Sistema de Innovación de Cataluña, España

Este Sistema (figura 17) tiene como misión elaborar, coordinar y gestionar un modelo global de transferencia tecnológica en Cataluña en el que existan los instrumentos necesarios que permitan fomentar la integración de los conocimientos científicos y la tecnología empresarial, y, por lo tanto, aumentar la cantidad de la gestión tecnológica en las empresas y mejorar la calidad. La parte superior del modelo representa el canal de creación de negocios con la explotación del conocimiento universitario. Es el canal de innovación mediante empuje tecnológico (*technology-push*). La parte inferior representa el conjunto de agentes destinados a apoyar proyectos en empresas existentes por medio de tecnología y conocimiento del sistema de universidades y centros de investigación. Es el canal de innovación por arrastre del mercado (*market-pull*). En el canal de arrastre de mercado (*market pull*), se ha producido una profesionalización de los mecanismos existentes a raíz del impulso del Plan de Innovación 2001-2004, que ha comportado la creación de un primer nivel de estructuras básicas (Red de Centros de Innovación Tecnológica (red IT)). Es necesario aumentar la capacidad del sistema de investigación e innovación, y compensar las carencias actuales con la creación de una red de estructuras nuevas que compensen el déficit de grandes infraestructuras tecnológicas activadas desde la demanda, como son los centros tecnológicos sectoriales (destinados a la investigación y el desarrollo tecnológico) o los centros de difusión tecnológica (destinados al fomento de la innovación), distribuidos territorialmente. Asimismo, se optimizan los recursos existentes en el canal de empuje tecnológico (*technology-push*) para mejorar los instrumentos que ya funcionaban (Red de Promotores de la Propiedad Intelectual (RPPI), Red de Trampolines Tecnológicos (RTT)) y complementarlos con otros que pueden hacer más eficaces los que ya existen. Se cuenta con elementos financieros de apoyo para las etapas de investigación industrial (no destinadas a la publicación) que todavía no tienen respuesta en el mercado y para el mantenimiento de la cartera tecnológica. Y, en particular, se complementa la cadena de valor de la tecnología con un centro de explotación de la tecnología que actúe como ente detector de nuevas oportunidades tecnológicas (vigilancia tecnológica) y comercializador de éstas (inteligencia competitiva) [21].

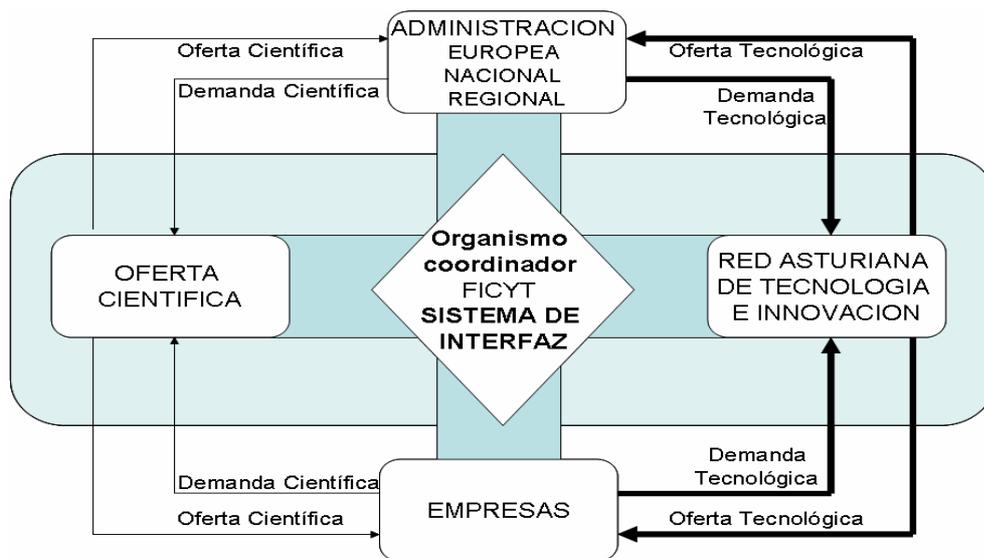


Fig. 18 Sistema Regional de Innovación de Asturias, España

El Modelo de Asturias (figura 18) está fundado en nuevos principios, orientado hacia objetivos estratégicos claros y medibles, dotado de una estructura bien integrada y de eficaces instrumentos de financiación y de gestión. Empieza con la necesidad de concebir el SRI como un sistema vertebrado, articulado y abierto en el que las interrelaciones y la cooperación entre los distintos agentes del sistema regional y su integración en el sistema de innovación nacional y europeo cobran especial protagonismo como instrumento para facilitar la transmisión de conocimiento. La política de I+D+I debe, por lo tanto, dirigirse a mejorar todas y cada una de las deficiencias identificadas incidiendo de forma eficaz en cada uno de los elementos y las interrelaciones que configuran el SRI, para conseguir su articulación [21].

El Sistema Regional de I+D+I de Castilla y León, en la actualidad, son 6 Centros Tecnológicos que cumplen los criterios establecidos en la Estrategia Regional de Investigación Científica, Desarrollo Tecnológico e Innovación.

- CARTIF.- Centro de Automatización, Robótica y Tecnologías de la Información y la fabricación.
- CEDETEL - Centro para el Desarrollo de las Telecomunicaciones en Castilla y León.

- CIDAUT - Fundación para la Investigación y Desarrollo en Transporte y Energía.
- CTM - Centro Tecnológico de Miranda de Ebro.
- INBIOTEC - Instituto de Biotecnología.
- ITCL - Instituto Tecnológico de Castilla y León.

Además, existen otros centros y laboratorios con capacidades científicas y tecnológicas, que también forman parte del entramado tecnológico de la región.

El funcionamiento de los agentes que participan en el sistema se ve apoyado y facilitado por una serie de instituciones que operan en distintos ámbitos, y que constituyen los Espacios de Innovación que en este sentido, se cuenta con parques científicos asociados a las Universidades. Asimismo, los Organismos de Interfaz, destacan entre ellos, las Organizaciones para la Transferencia de los Resultados de la Investigación (OTRI), y las Fundaciones Generales de las Universidades de la región. Las Entidades financieras: La Sociedad para el Desarrollo Industrial de Castilla y León (ADE CAPITAL SODICAL, SCR.S.A), que aporta capital riesgo, la Sociedad de Garantía Recíproca IBERAVAL, o la constituida por las cajas de ahorro regionales, "Madrigal Participaciones, S.A.", con el fin de participar en el capital de empresas rentables y de importancia estratégica para la región. Las Organizaciones empresariales prestan o coordinan servicios de soporte a la Innovación (de intermediación, de difusión, de formación, etc.).

La Administración regional, colabora en el buen funcionamiento del sistema, a través de diversos organismos, como la Comisión de Coordinación de Ciencia y Tecnología, la Dirección General de Universidades e Investigación, dependiente de la Consejería de Educación, y la Dirección General de Industria e Innovación Tecnológica y la Agencia de Inversiones y Servicios de Castilla y León (ADE), dependientes de la Consejería de Economía y Empleo y otros Centros Directivos de otras Consejerías [21].

El plan Gallego de Investigación, Desarrollo e Innovación, desde 1993 se desarrolla a través de programas, que están estructurados como generales, sectoriales y horizontales [21].

Programas Generales

- Promoción general de la Investigación

Programas Sectoriales

- Recursos naturales
- Tecnologías para la innovación
- Servicios al ciudadano

Programas Horizontales

- Recursos humanos
- Apoyo a la innovación en empresas
 - Transferencia de la tecnología
 - Movilidad de investigadores y tecnólogos
 - Redes de organismos de interfaz
 - Internacionalización de la Pymes.
- Cooperación Internacional
- Sensibilización social
 - Revista
 - Presencia en medios de comunicación
 - Semana de Investigación

El Plan Riojano de I+D+I (2003-2007) se articula en torno a una estructura que facilita la gestión y proporciona una comprensión clara de las áreas temáticas prioritarias, por lo que se estructura en Áreas de Gestión y en Programas Horizontales.

Las Áreas de Gestión del Plan Riojano de I+D+I (2003-2007) son las siguientes:

- Área de Progreso General del Conocimiento
- Área de Patrimonio Cultural y Sociedad del Conocimiento.
- Área de Salud y Calidad de Vida

- Área de Medio Ambiente y Política Territorial
- Área de Agroalimentación
- Área de Vivienda, Obras Públicas y Transportes
- Área de Innovación y Desarrollo Tecnológico Empresarial.

Los Programas Horizontales son aquellos que permiten actuaciones sobre todo el sistema, es decir sobre todas las áreas de gestión. Los Programas Horizontales agrupan las actuaciones impulsadas para el logro de los objetivos generales y por tanto constituyen los elementos sobre los que deben actuar los órganos gestores para lograr el fortalecimiento y crecimiento del sistema riojano de Ciencia-Tecnología-Empresa. Por tanto los Programas Horizontales surgen como consecuencia de los objetivos generales planteados y las Áreas de Gestión se establecen considerando las prioridades de investigación y el actual organigrama de gestión; por lo cual se han definido los siguientes Programas Horizontales:

- Programa Horizontal de Recursos Humanos
- Programa Horizontal de Infraestructuras
- Programa Horizontal de Proyectos de I+D+I
- Programa de Acciones Innovadoras
- Programa de Cooperación y Divulgación Científica.

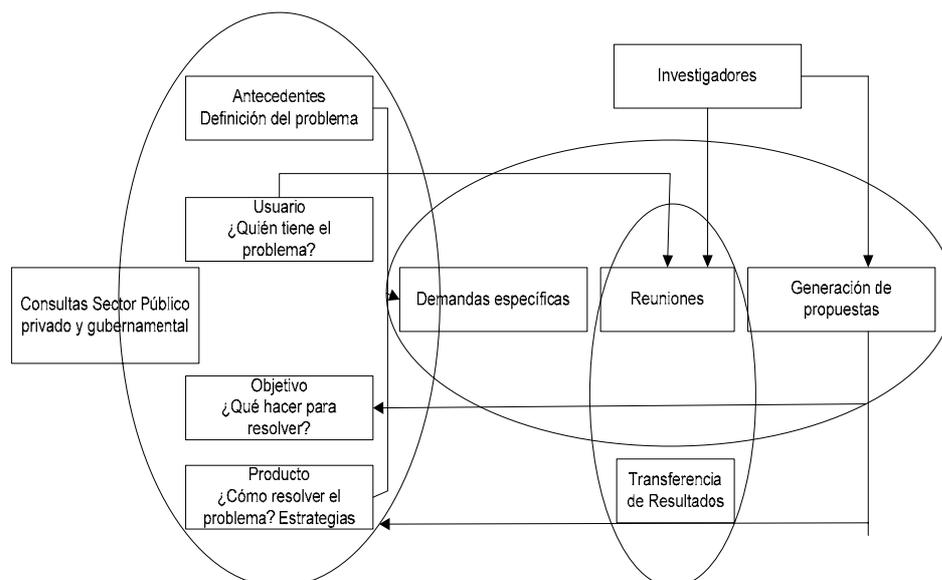


Fig. 19 Modelo de Vinculación Estatal, Guanajuato México

Fuente: CONCYTEG 2007

El Modelo de Vinculación Estatal de Guanajuato (figura 19), nace para optimizar los procesos y los fines para los cuales fueron creados los fondos de apoyo a la ciencia y la tecnología: El desarrollo integral regional y estatal [22]. El modelo representa el conjunto de "valores" que nos indican los procesos metodológicos a seguir por la Dirección de Vinculación del CONCYTEG.

El Modelo de Vinculación implementado por el CONCYTEG, consta de tres fases principales, como se muestra en la figura 19:

- Primera Fase, se orienta a definir y/o identificar las demandas en ciencia y tecnología, las cuales son definidas por los usuarios de la investigación a partir de una planeación estratégica basada en identificar las problemáticas de los usuarios y qué hacer para resolverlas.
- Segunda Fase, se define una interrelación entre usuario-investigador dónde el usuario presenta a los investigadores las problemáticas con la finalidad de orientar a los mismos, hacia dónde dirigir los proyectos para resolver las demandas.
- Tercera Fase, muestra la relación investigador-usuario, es la parte cuyo objetivo es transferir los resultados de los proyectos de investigación a los usuarios.

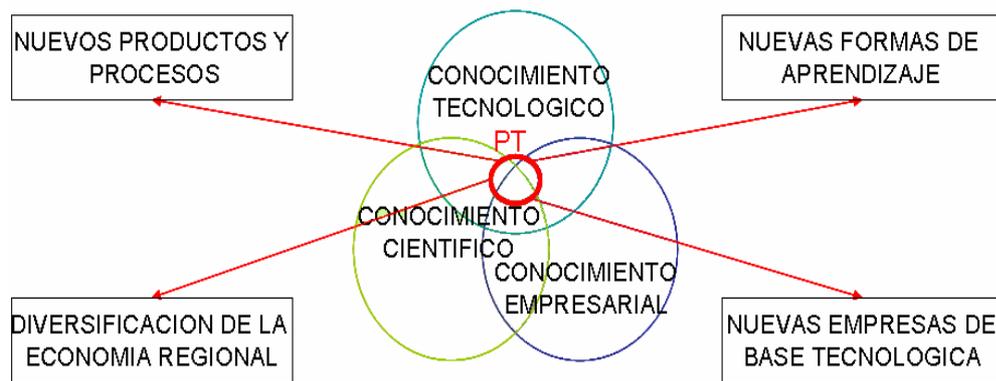


Fig. 20 Modelo de Innovación (Vinculación Ciencia – Tecnología)
Fuente: Gobierno del Estado, Baja California Norte, México.

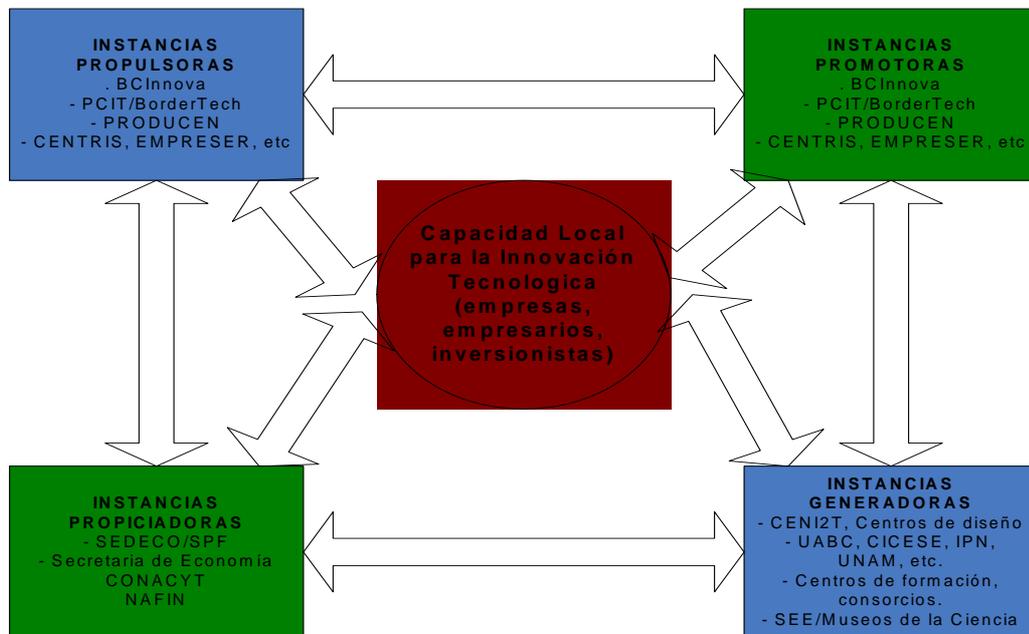


Fig. 21 Sistemas de Organización Local Estratégica para la Innovación (SOLES), Mexicali, Tijuana – Tecate – Rosarito, y Ensenada

Baja California, cuenta con modelo de innovación para la vinculación de la Ciencia (figura 20) y la Tecnología y el Modelo Regional SOLES (figura21) (Sistemas de Organización Local Estratégica para la Innovación). En el primer caso, el objetivo es lograr una región más competitiva y dinámica a través de la generación de espacios comunes de investigación e innovación tecnológica basados en:

- El conocimiento

MODELO TAMAULIPAS

PARA EL DESARROLLO ECONÓMICO Y LA COMPETITIVIDAD



INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

Fondos Mixtos COTACYT, Certamen Estatal Creatividad e Innovación Tecnológica, Semana de Ciencia y Tecnología, Parques de Ciencia y Tecnología, Modelos de Transferencia de Conocimiento, Programa de Formación de Recursos Humanos, Consolidación de Centros de Investigación, Programa de Innovación Tecnológica

Fig. 23 Modelo Tamaulipas

El Modelo de Tamaulipas (figura 23) está basado en el ensamble o acoplamiento del desarrollo de seis importantes áreas [24]: La infraestructura estratégica, el Estado de Derecho, el fondo Tamaulipas, el desarrollo de capital humano, la investigación y desarrollo tecnológico, y el Sistema de información integral de Tamaulipas. Y considerando este bloque de estructuras o áreas, están en constante coordinación y vinculación con el Consejo Tamaulipeco de Ciencia y Tecnología. Además el Consejo Tamaulipeco de Ciencia y Tecnología cuenta con un Modelo de Captación y Atención de Demandas de Investigación y Desarrollo (figura 24).

CAPTACIÓN Y ATENCIÓN DE DEMANDAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

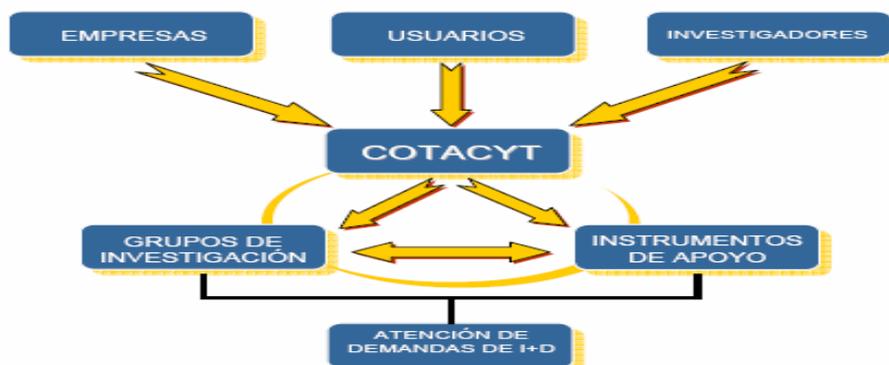


Fig. 24 Modelo de captación y atención de demandas de investigación y desarrollo

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 Lógica difusa

La lógica difusa fue presentada en los 60's por Zadeh, basándose principalmente en el uso de categorías imprecisas para realizar clasificaciones, ya que la teoría enfatiza el uso de la información imprecisa [25]. Lógica difusa es una tecnología para desarrollar sistemas de control inteligente y de información, pero también se usa para toma de decisiones y reconocimiento de patrones. El principio fundamental de la lógica difusa es desarrollar soluciones aproximadas y efectivas toleradas por la imprecisión. Tiene dos principales usos, cuando se presentan grandes dificultades al analizar complejos sistemas por herramientas matemáticas; y cuando se utilizan sistemas en los cuales existe incertidumbre. Además brinda un puente natural entre el mundo cuantitativo y el mundo cualitativo, este último porque los conceptos difusos son descritos en forma cualitativa. Un sistema difuso en este caso es un mapeo no lineal de una señal de entrada de datos (función, en un vector escalar) y el vector de salida descompone una colección de múltiples independientes de entrada en una salida única del sistema [26].

Esta técnica está basada en cuatro conceptos básicos: (1) conjuntos difusos, (2) variables lingüísticas, (3) distribución de posibilidad, (4) reglas difusas [25]. Un conjunto difuso F definido en un universo de dominio U y se caracteriza por una función de pertenencia (ecuación 1):

$$\mu_F(x) \quad (1)$$

que toma valores en el intervalo $[0, 1]$. Las funciones de membresía más comúnmente usadas en la práctica son las funciones triangular y trapezoidal, y su simplicidad es la principal ventaja de estas funciones para lograr una solución efectiva aproximada (figura 25) [26]. La función Gaussiana es una opción popular en las aplicaciones de redes neuronales. Las variables lingüísticas permiten al valor ser descrito cualitativamente por un término lingüístico y cuantitativamente por la correspondiente función de membresía. La distribución de posibilidad, generaliza la distinción binaria entre posible contra imposible para una cuestión de grado, llamada posibilidad. Las reglas difusas, tienen dos componentes: la parte Si, (referente al antecedente) y la parte Entonces (referente a la consecuencia). El antecedente de la regla difusa describe una condición flexible (una condición que puede ser satisfecha

en un grado). La consecuencia describe la conclusión, que captura la imprecisión de la experiencia humana [25].

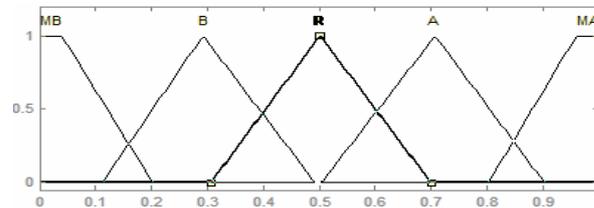


Fig. 25 Ejemplo de función de membresía

La lógica difusa consta de las etapas de difusificación, inferencia y desdifusificación. Que básicamente se puede resumir en que se normalizan los valores, se calcula el grado en que los datos de entrada coinciden con las condiciones de las reglas difusas, se calcula la conclusión inferida por todas las reglas difusas. Con lo cual se obtiene una conclusión difusa, y a causa de algunas aplicaciones es probable que se necesite desnormalizar la conclusión (figura 26).

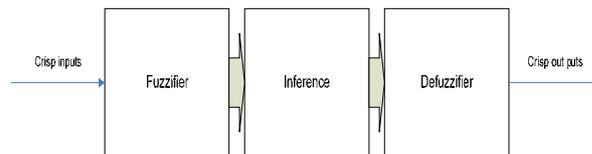


Fig. 26 Elementos de un sistema difuso.

En los 90's la era de los paradigmas computacionales, surge la computación evolutiva que incluye algoritmos genéticos, estrategias evolutivas y programación evolutiva. La popularidad de los algoritmos genéticos, inspiran su uso para la optimización de parámetros en sistemas difusos [26].

2.2.2 Lógica difusa e inteligencia artificial

A partir de que la tecnología central de la inteligencia artificial se había ido ampliado gradualmente con la inclusión la de las redes neuronales en los 80's, y posteriormente la lógica difusa y la computación evolutiva. Esta inclusión se debe a que aunque en un principio la IA (inteligencia artificial), solo consideraba las capacidades de los sistemas inteligentes, a pesar de las restricciones de recursos, y estas consideración fueron importantes en los 90's ante las creciente demanda de los sistemas de IA [25].

La lógica difusa y la IA, tienen en común un mismo objetivo: el de desarrollar sistemas inteligentes, que puedan realizar tareas y resolver problemas que requiere la inteligencia humana. Además de que el marco de representación de la lógica difusa, es una técnica de representación recurrida en IA [25].

La arquitectura básica de un sistema experto consiste en cuatro principales componentes: (1) base de conocimientos, (2) motor de inferencia, (3) generador de la explicación y (4) modulo de interfase con el usuario. La base de conocimientos, es la información obtenida de expertos que generalmente se traduce en reglas. La inferencia usa la ejecución de las reglas. También se necesita que el sistema sea capaz de explicar racionalmente las conclusiones generadas para la solución. El componente de interfaz es que interactúa con el usuario para recolectar los datos de entrada, desplegar los resultados, etc. [25].

Se establecen al menos 4 tipos de incertidumbre en los sistemas expertos: (1) no tiene bien definido un punto límite, (2) el conocimiento que asocia a la observación de la hipótesis puede ser incierto, (3) la naturaleza de la conclusión puede ser impreciso y (4) los datos para los que el conocimiento es aplicado puede ser incierto. Y los sistemas expertos se clasifican en sistemas heurísticos y los de diseño y síntesis [25].

2.2.3 Simulación basada en agentes

La simulación basada en agentes se define como una colección de agentes, inteligentes, heterogéneos y que interactúan entre ellos, los cuales operan y existen en un entorno, que a la vez esta formado de agentes. Los agentes son entidades orientadas a objetivos que poseen ciertas capacidades para realizar tareas o comunicarse con otros agentes. Básicamente se puede concebir a un agente como cualquier cosa que es capaz de percibir su ambiente a través de sensores y actuar sobre ese mismo ambiente a través de efectores. Y estos agentes usan un conjunto de acciones o reglas con el fin de lograr los objetivos. La simulación basada en agentes se utiliza en diferentes áreas de investigación como un poderoso método de investigación. Sus principales usos son: Banco de pruebas para nuevas ideas, la predicción del impacto de una nueva tecnología, desarrollo de una teoría, ayuda para toma de decisiones, instrumentos de capacitación y generadores de hipótesis [8].

Un agente inteligente es aquel agente que demuestra conducta inteligente en sus acciones. S. Russel y P. Norving clasificaron los agentes en 4 clases: (1) agentes de simples reflejos, (2) agentes ciegos, (3) agentes basados en metas y (4) agentes basados en utilidad. El agente de simple reflejo utiliza reglas de condición-acción para mapear el sensor de las entradas para realizar una acción. El agente ciego, además de la descripción del simple reflejo utiliza una explícita descripción del ambiente externo en el que se encuentra el modelo. El agente basado en metas, además de lo anterior toma en cuenta una explícita representación de las metas de los agentes. Y el agente basado en utilidad igualmente conjunta lo anterior solo que trasciende del simple logro o no de la meta en una continua medida de utilidad, de la meta [25].

En el razonamiento acerca de la incertidumbre del ambiente, un agente inteligente a menudo no tiene la completa información acerca del ambiente debido a muchas razones, puede ser porque su capacidad de percepción es limitada, la información no puede ser observada directamente, mas bien tiene que ser deducida; y la dinamicidad del ambiente [25]. Debido a la información incompleta o la dinamicidad natural del ambiente, por lo que existen los agentes inteligentes se desenvuelven o necesitan condiciones de incertidumbre. Razonando lo anterior puede ser ilustrado con dos tipos de agentes inteligentes: agentes de diagnóstico y agentes de evaluación de la situación. Los agentes de diagnóstico identifican las causas de un conjunto de síntomas y anomalías. Los agentes de evaluación de la situación infieren el nivel alto de la situación por medio de las observaciones del ambiente de diversos niveles inferiores [25].

2.2.4 Algoritmos de optimización

2.2.4.1 Algoritmo de búsqueda aleatoria (Random Search)

Una gran cantidad de problemas de optimización pueden ser manejados a través de la búsqueda aleatoria y pueden ser competitivos en específicas circunstancias y para una gran cantidad de funciones excepto aquellas funciones de evaluación que son difíciles de computar, o cuando se quiere encontrar un mínimo global y se tienen mucho mínimos locales [27]. Es un procedimiento de búsqueda ciega aleatorizado que utiliza heurísticas para encontrar soluciones aproximadas (sub-óptimas de buena calidad, pero no necesariamente óptimas) a problemas de optimización. Es un método que consiste en la construcción de una solución de una búsqueda aleatoria seguida de una búsqueda local en un punto inicial. Este procedimiento se repite varias veces y la mejor solución encontrada sobre todas las iteraciones es la solución aproximada [28]. A continuación se presenta su pseudo código.

- 1) Iniciar con $f_{max}=0$; S_{max} guarda la mejor solución encontrada.
- 2) Generar una solución aleatoria S .
- 3) Evaluar S en la función objetivo para obtener f_e .
- 4) Si $f_e > f_{max}$ entonces $f_{max} = f_e$; $S_{max}=S$;
- 5) Si la condición de salida no es satisfecha, ir al paso (2).
- 6) Fin

2.2.4.2 Algoritmo Hill Climbing

Los métodos de escalada (o de ascensión a la colina) trabajan, en su versión más habitual, con funciones de evaluación en las que los valores superiores son preferibles. De ahí su nombre: se trata de elegir en cada paso un estado cuyo valor heurístico sea mayor que el del estado activo en ese momento. El algoritmo Hill climbing es un método de búsqueda local de componente estocástico. El algoritmo básico Hill climbing se puede describir como el pseudo código siguiente:

- 1) Iniciar con $f_{max}=0$; S_{max} guarda la mejor solución encontrada.
- 2) Generar una solución inicial S .

- 3) Evaluar S en la función objetivo para obtener f_e .
- 4) Si $f_e > f_{max}$ entonces $f_{max} = f_e$; $S_{max} = S$;
- 5) Generar S considerando una vecindad.
- 5) Si la condición de salida no es satisfecha, ir al paso (3)
- 6) Fin

El mecanismo de búsqueda es que la mutación de los vectores o de bits cambia la selección de los casos en que el prototipo o la inclusión o exclusión de una característica son del vecino más próximo computacionalmente hablando [29].

2.2.4.3 Evonorm

Es un algoritmo evolutivo donde la población esta basada en funciones de distribución normal, Los parámetros de la distribución normal son determinados por el calculo de una media y desviación estándar de la población seleccionada. El algoritmo evolutivo reemplaza los procedimientos de cruce y mutación en uno que calcula los parámetros de la distribución normal para generar los nuevos individuos de esas funciones de distribución. El procedimiento se enumera a continuación [30]:

- 1) Generar una población P de tamaño M con una función de distribución uniforme.
- 2) Evaluar la población P.
- 3) Seleccionar los mejores individuos N, donde $N \ll M$. Determinar la mejor solución.
- 4) Calcular media y desviación estándar con los individuos N seleccionados en el paso (3).
- 5) El 50% de las veces se utiliza la media calculada y el otro 50% se utiliza la mejor solución encontrada.
- 6) Generar una nueva población con una función de distribución normal. La media y la desviación estándar de esas funciones fueron calculadas en el paso anterior.
- 7) Si la condición de conclusión no es satisfecha ir al paso (2), de otra manera terminar.

Una función de distribución normal puede ser usada para representar un conjunto de posibles valores de la variable de decisión, por lo que es necesario usar un conjunto de parámetros (media y desviación estándar) de la función de

distribución normal por variable de decisión. Evonorm incluye variables aleatorias para generar nuevos vectores reales de las variables de decisión. Estas variables pueden ser evaluadas y la mejor de ellas será seleccionada para calcular nuevamente los parámetros de la función para la generación de una nueva población. El proceso se repite varias veces y el cálculo de la media y la desviación estándar es según el procedimiento aritmético ya conocido. Evonorm busca los parámetros apropiados de la distribución normal para mejorar las variables aleatorias asociadas, considerando una fase exhaustiva de exploración [31].

2.2.4.4 Algoritmo genético

Los Algoritmos Genéticos (AG) son una técnica de búsqueda adaptativa que emulan la teoría biológica evolutiva. La población, un conjunto de individuos (potenciales soluciones al problema de optimización) cambian de manera progresiva en el tiempo debido a la aplicación de operadores inspirados biológicamente, cruce y mutación. Un proceso de selección determina cuales individuos (entre los padres y descendientes) permanecen en la próxima generación [32]. Los algoritmos Genéticos, se utilizan principalmente en tareas de optimización. Un AG se puede desarrollar de la siguiente manera:

- 1) Generar una población aleatoria.
- 2) Evaluar cada individuo de la población.
- 3) Seleccionar los mejores individuos de la población.
- 4) Generar una nueva población de individuos con mecanismos de cruce y mutación.
- 5) Si no es fin del algoritmo, ir al paso (2).

3. METODOLOGIA

A continuación se presenta el esquema con el cual se desarrollara el proyecto, el cual consta de 9 pasos o fases que van a constituir el desarrollo de la tesis, y que se visualizan en el esquema siguiente (figura 26).

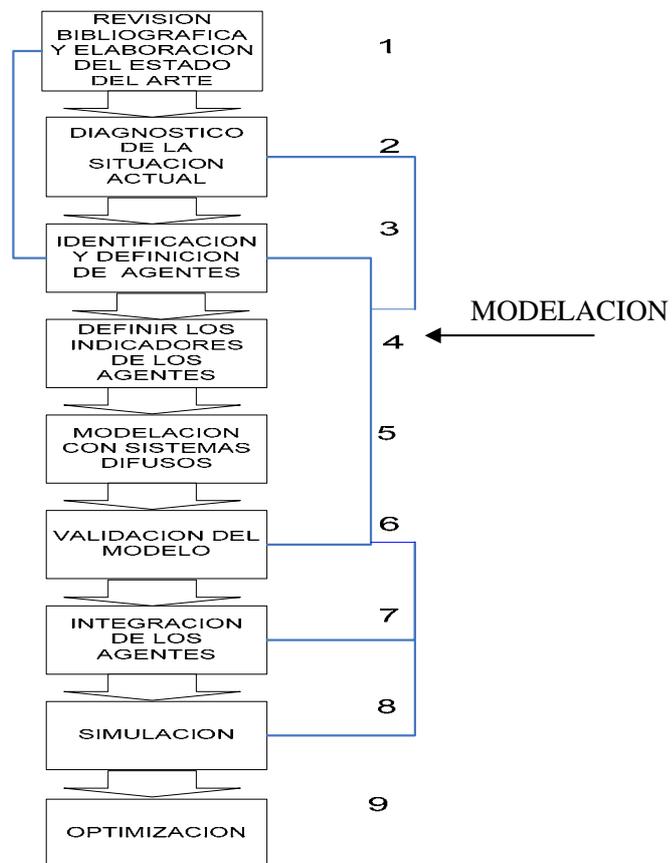


Fig. 27 Esquema de la metodología empleada

Fuente: Elaboración propia.

3.1 Descripción de la metodología

1.- Revisión bibliográfica y elaboración del Estado del arte. Esta fase comprende la investigación y consulta de todas las fuentes de información. Esta indagación debe incluir un conocimiento aceptable acerca de los sistemas de innovación, sus tipos y la revisión bibliográfica de sistemas de innovación que se encuentran en

funcionamiento, en México o en otros países del mundo. Es necesario identificar y conocer, las principales características así como las deficiencias que se presentan en las interacciones que se producen en los Sistemas de Innovación. Así como el análisis de estudios relacionados con estos sistemas, la construcción de modelos de simulación y los indicadores empleados; para así conocer el Estado del arte de los mismos y además de la bibliografía relacionada con los enfoques teóricos [2].

Para ello nos podemos apoyar en algunos manuales y bases de datos como:

- El Manual de Oslo, es la guía de la recolección e interpretación de datos sobre innovación publicada por la OECD.
- El Manual de Frascati, la guía para la medición de las actividades científicas y tecnológicas, igualmente publicada por la OECD.
- El Manual de Canberra, para la medición de los recursos humanos dedicados a las actividades científicas y tecnológicas, también publicado por la OECD.
- EBSCO <http://search.ebscohost.com>
- Science Direct – Elsevier <http://www.sciencedirect.com>

2.- Diagnostico de la situación actual. Mediante la descripción del sistema estatal, es una herramienta sencilla y fácil de utilizar, basada en el enfoque de entornos, y requiere del conocimiento de los agentes que intervienen en el sistema; nos permite saber la composición del sistema y las interrelaciones de sus elementos en los entornos e identificar el papel de las estructuras de interfaz en ellos.

Asimismo, hay que tener en cuenta que los Sistemas de Innovación no se componen de entes aislados por lo que son significativamente sensible a las alteraciones que se puedan producir en el entorno nacional o internacional, es decir el marco en el que de desenvuelven [40].

3.- Identificación y definición de agentes. Detectar y definir las entidades que intervienen y deberían intervenir en el sistema de innovación estatal, para establecer los agentes que van a representar a las entidades. Mediante un equipo de trabajo, se realizan lluvias de ideas y mapas mentales, para conformar el sistema de innovación, hasta consolidar el sistema a utilizar [33]. Se celebraron reuniones con el grupo de investigación, en el que participan personas con conocimiento y experiencia del

tema. De esta manera de colocaron etiquetas o nombres a cada uno de los agentes que se definieron, para facilitar el análisis de la información resultante. Además de las entradas o inputs, que van a afectar el desempeño de cada uno de los agentes. También resulta importante destacar como se conectan o su interacción entre estos agentes, lo que nos permite mayor facilidad en el establecimiento de medidas que nos permitan cuantificar y cualificar las interacciones que suceden. Esta herramienta es de bajo costo y nos facilita el acceso de una gran cantidad de información de los agentes, y detectar nuevos nichos u oportunidades. La utilización de la información resultante, puede ser de carácter cualitativo y estar basada en opiniones, pero no se considera una desventaja ya que la herramienta a utilizar nos permite procesar este tipo de información [40].

Por ejemplo la figura 28 y 29, nos muestran la arquitectura de un agente respectivamente [41].

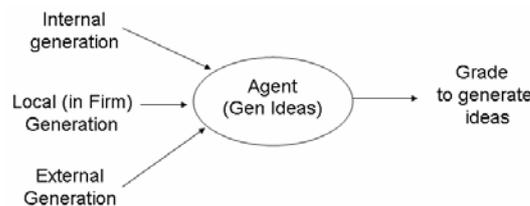


Fig. 28 Arquitectura de un agente para evaluar la generación de ideas.

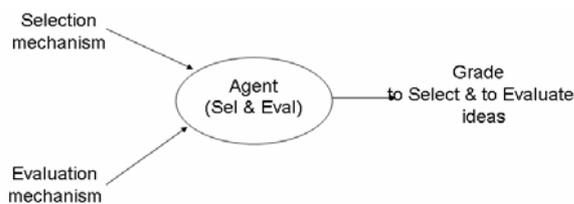


Fig. 29 Arquitectura de un agente para evaluar el grado de selección y evaluación de ideas.

En este paso se pretendió incrementar el conocimiento que se tenía de los pasos anteriores, sobre todo en la revisión bibliográfica, analizando con mas detalle la composición de los agentes y sus interacciones [2].

4.- Definir los indicadores de los agentes. Las actividades innovativas solo se podrán cuantificar desde una perspectiva aproximada o estimativa a base de indicadores o parámetros evaluativos, elaborados para ello. Es decir identificar como vamos a

medir los agentes que hemos definido en la etapa anterior. Se analizan y se estudian las posibles entradas, y salidas, de cada una de las entidades, así, como las relaciones funcionales que existan en el sistema.

Se analizan los indicadores mas importantes, tomando como centro del modelo, el centro de investigación, y considerando los entornos productivo, tecnológico, científico y financiero, posteriormente se asignan los indicadores correspondientes. Se concibe al sistema de innovación como agentes, con sensores y actuadores y se puntualizan sus entradas y salidas. A continuación en la figura 29 se presentan los principales indicadores en cuanto a innovación que considera la Comisión Europea

Modulo B: Innovacion	
14	Gasto en I+D realizado por el sector empresarial
15	Aplicaciones de Patentes
16	Patentes TIC
17	Entidades que han cambiado su estructura organizativa
18	Resultado debido a los productos innovadores nuevos en el mercado
19	Gasto en I+D por sector de aplicación (*)
20	Uso de métodos de seguridad por parte de las empresas (*)
21	Patentes de Alta tecnología (*)
22	% Empresas innovadoras sobre el total de empresas (*)
23	Cambio no tecnológico en las empresas (*)
24	Gasto en innovación (*)

*Indicadores auxiliares.

Fig. 29 Indicadores de Innovación

Fuente: Comisión Europea

5.- Modelación con sistemas difusos. Para cada una de las entradas de los agentes se generan conjuntos difusos, mediante funciones de membresía figura (1). Y las reglas difusas que harán la inferencia en el sistema, las cuales son de la forma " SI..... ENTONCES..... ", donde los valores lingüísticos de la premisa y el consecuente están definidos por conjuntos imprecisos. Por ejemplo Muy bajo, bajo, regular, alto y muy alto (apéndice II) y algunos ejemplos de la formación de estas reglas son:

- If Con is **MA** and SNI is **A** and Doc is **A** and MC is **A** and PA is **A** then Cinn is **MA**

Es decir si la consolidación de las líneas de investigación es muy alta, y si el número de S.N.I. es alto, el número de doctores en ciencias es alto, el número de maestros en ciencias es alto, y el personal de apoyo es alto; entonces la capacidad de innovación es muy alta.

- If G is **MB** and I is **MB** and EP is **MB** and C is **MB** then EE is **MB**

Es decir si el Grado de Estudios es muy bajo y el porcentaje de dominio del idioma Ingles es muy bajo y el grado de experiencia profesional es muy bajo y el número de certificaciones es muy bajo; entonces la evaluación del empleado es muy baja.

6.- Validación del modelo. Se valida el modelo conforme al estado del arte y los datos obtenidos o con los que se cuenta. Es decir se esta validando en base a un conocimiento a priori, pero que desde el punto de vista de sistemas difusos esta correcto, al permitir el procesamiento de información difusa, y obteniendo un conocimiento mas preciso. Comparar su funcionamiento con datos pasados disponibles del funcionamiento del sistema. Validar el modelo mediante la hipótesis, la lógica empleada y la revisión de la literatura.

7.- Integración de los agentes. Concepción del sistema, y establecimiento de las interacciones. Se realiza la integración del modelo por medio de sus agentes y las interacciones de estos, obtenidos en los pasos anteriores. Y se concibe como un sistema. Esto para la generación de un modelo basado en un sistema jerárquico que explique el comportamiento de un sistema de Innovación, y su análisis que se considera de interés en esta investigación.

8.- Simulación. Se realiza por cada agente el proceso básico de la lógica difusa, difusificación, inferencia (reglas) y desdifusificación. Se empieza por calcular el grado en que los datos de entrada coinciden con las condiciones de las reglas difusas, se calcula la conclusión inferida por todas las reglas difusas. Con lo cual se obtiene una conclusión difusa, para después desnormalizar la conclusión. Para realizarlo se cuenta con el apoyo del paquete Matlab®, donde se desarrollaron los algoritmos, necesarios para ese procedimiento.

Esta fase comprende la experimentación del modelo planteado y facilita la comprensión y evaluación del sistema. El modelo de simulación nos permite explicar el comportamiento del mismo, así como las variables que tienen mayor impacto y su posible evolución dentro del Sistema, ya que este modelo trata de reflejar el estado del Sistema.

9.- Optimización, obtención y análisis de resultados. Determinar las asignaciones óptimas para cumplir la función objetivo que es maximizar nuestro indicador de innovación, e igualmente así obteniendo las condiciones necesarias para conseguir ese máximo indicador de innovación. Para lo cual se utiliza el modelo como simulador y se le aplicaron diversas herramientas de optimización como lo son el diseño de experimentos, el algoritmo de búsqueda aleatoria, el algoritmo del alpinista, el algoritmo evolutivo Evonorm, y el algoritmo genético.

4. CASOS DE ESTUDIO

A continuación se presentan dos casos, para probar y evaluar la metodología, para tener la certeza de su aplicación al caso real o al modelo preliminar que se establezca. El primer caso fue llamado “Caso patentes”, y el segundo “Caso Capacidad de Innovación”, por los nombres de los indicadores.

4.1 Caso Patentes

En el primer caso el objetivo es encontrar la combinación de parámetros que maximice el número de patentes obtenidas.

La nomenclatura que fue utilizada es la siguiente:

- Apyme: Se refiere a Apoyo a Pyme, considerando el Plan Estatal de Desarrollo
- IncE: Se refiere a los incentivos al emprendimiento, como parte de las políticas empresariales.
- Inf: Se refiere al nivel de infraestructura que existe en las TIC's.
- NS: Se refiere al nivel de servicios que existe en las TIC's.
- Costos: Se refiere al nivel de costos con que se ofertan los servicios de las TIC's.
- GE: Indica el grado de estudios con el que cuentan los empleados.
- IN: Indica el % de grado de dominio del idioma ingles en los empleados.
- EP: Se refiere al nivel o años de experiencia profesional con que cuentan los empleados.
- C: Se refiere a si el empleado cuenta con una certificación.

4.1.1 Arquitectura de agentes

Para la modelación se busca crear una representación del sistema, mediante entidades y sus relaciones (figura 31); que con lleva a poder simular y evaluar teorías sobre agentes.

A continuación se describen los agentes que forman el sistema. En el agente llamado “Centro de reclutamiento” (tabla 3), se establecen calificaciones; en el grado de estudios la medición se establece dependiendo si es un nivel técnico, una licenciatura, una maestría o un doctorado, en el dominio del ingles, se establece como porcentaje el conocimiento del idioma y de la experiencia profesional, se mide el tiempo que el empleado lleva desempeñándose en su profesión y la certificación del empleado, **que se define como el reconocimiento público, formal y temporal de la capacidad laboral demostrada por una trabajadora o trabajador, efectuado con base en la evaluación de sus competencias en relación con una norma y sin estar necesariamente sujeto a la culminación de un proceso educativo.** Y la salida del agente es la capacidad laboral del empleado, que se define como la aptitud de un individuo para desempeñar una misma función productiva en diferentes contextos y con base en los requerimientos de calidad esperados por el sector productivo. Esta aptitud se logra con la adquisición y desarrollo de conocimientos, habilidades y capacidades que son expresadas en el saber, el hacer y el saber hacer [34]. Un ejemplo de las reglas utilizadas en este agente es el siguiente:

If G is MB and I is MB and EP is MB and C is MB then EE is MB

Es decir si el Grado de Estudios es muy bajo y el % de Ingles es muy bajo y el grado de experiencia profesional es muy bajo y el número de certificaciones es muy bajo; entonces la evaluación del empleado es muy baja (apéndice II).

Tabla 3. Esquema del agente “Centro de Reclutamiento”

Entradas	Agente	Salidas
Grado de Estudios	Centro de Reclutamiento	Evaluación del nivel de los empleados
% de Dominio del idioma ingles.		
Experiencia profesional		
Certificación		

El agente llamado “Gobierno” (tabla 4), esta formado por las entradas de infraestructura, nivel de servicios, y costos, que van a medir la calidad de las TIC’s (Tecnologías de Información y Comunicación). Las TIC se conciben como el

universo de dos conjuntos, representados por las tradicionales Tecnologías de la Comunicación (TC) - constituidas principalmente por la radio, la televisión y la telefonía convencional - y por las Tecnologías de la información (TI) caracterizadas por la digitalización de las tecnologías de registros de contenidos (informática, de las comunicaciones, telemática y de las interfaces). Estas poseen la característica de efectos prácticos, en lo que a captación y transmisión de información se refiere, desaparece el tiempo y las distancias geográficas. Un ejemplo de las reglas utilizadas en este agente es el siguiente:

If INF is MB **and** NS is MB **and** C son MB **then** CAL is MB

Es decir si la infraestructura es muy baja y el nivel de servicios es muy bajo y los costos son muy bajos; entonces la calidad de las TIC's es muy baja (apéndice II).

Tabla 4. Esquema del agente "Gobierno"

Entradas	Agente	Salidas
Infraestructura	Gobierno	Calidad de las TIC's
Nivel de Servicios		
Costos		

El agente llamado "Gobierno & Empresa" (tabla 5), tiene como salida la evaluación de las políticas de innovación por medio del apoyo a pymes y el incentivo al emprendimiento. La existencia de políticas de innovación tiende a eliminar los obstáculos a la competitividad de las empresas. Una política representa el marco de referencia para la realización de las acciones que se deben emprender en una empresa en un periodo de tiempo. La política debe incluir tres cosas: «que debemos hacer, como hacer para llegar a hacerlo, y la medida empleada para evaluar lo que hemos hecho». Un ejemplo de las reglas utilizadas en este agente es el siguiente:

If APyme is MM **and** IncE son MM **then** PI is MM

Es decir si el Apoyo a Pyme es muy malo y el incentivo al emprendimiento es muy malo; entonces las políticas de innovación son muy malas (apéndice II).

Tabla 5. Esquema del agente "Gobierno & Empresa"

Entradas	Agente	Salidas
Apoyo a las Pymes	Gobierno & Empresa	Políticas de Innovación
Incentivo al emprendimiento		

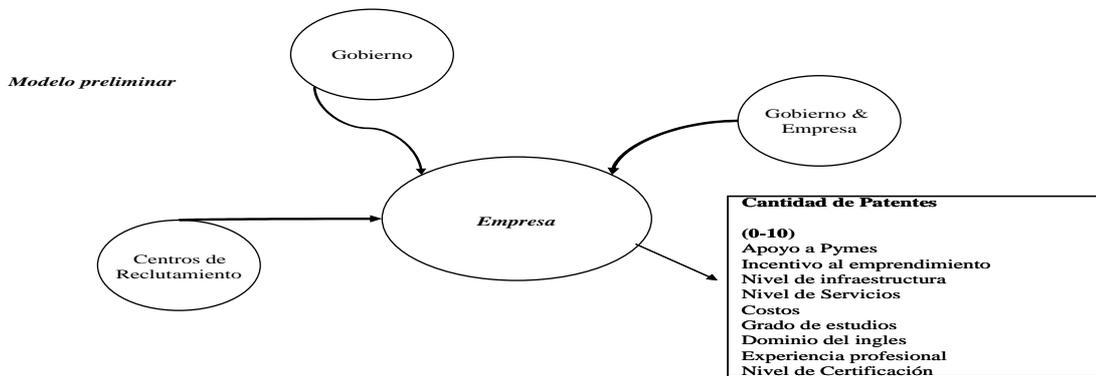


Fig. 31 Modelo preliminar “Patentes”

Según el IMPI, la Propiedad Industrial protege las invenciones como Patentes. Se puede solicitar la protección de una patente, a todos los productos, procesos o usos de creación humana que permitan transformar la materia o la energía que existe en la naturaleza, para su aprovechamiento por el hombre y que satisfaga sus necesidades concretas, siempre y cuando cumplan con los requisitos de novedad, actividad inventiva y aplicación industrial [35]. El principal propósito es medir la cantidad de patentes y realizándolo por medio de la integración de los agentes y sus interacciones. Los agentes, se programaron en Matlab®, y se realizaron los elementos necesarios como las funciones de membresía correspondientes a las entradas de los agentes. Donde se les asocia variables lingüísticas como por ejemplo Muy bajo (MB), Bajo (B), Regular (R), Alto (A), Muy Alto (MA) y a cada valor de entrada le corresponde un valor. El modelo se alimenta con una base de datos, mediante reglas lingüísticas “si, entonces”, de los tres agentes. La cantidad de patentes se esta midiendo en un rango del 0 – 10, es decir se consideran hasta 10 patentes al año.

Finalmente se realiza la simulación siguiendo el proceso de la lógica difusa: Normalización, difusificación, inferencia (reglas), desdifusificación y desnormalización. Obteniendo diferentes valores de cantidad de cantidad de patentes, dependiendo del vector que contiene los parámetros.

4.1.2 Optimización

Por medio de las técnicas de optimización se busca maximizar la función objetivo propuesta:

$$f(x) = P(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9) \quad (2)$$

Donde $f(x)$ es la cantidad de patentes considerando el apoyo a pymes, el incentivo al emprendimiento, infraestructura, nivel de servicios, costos, grado de estudios, dominio del inglés, experiencia profesional y certificaciones, $(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9)$ respectivamente. Para ello se hace uso de distintas técnicas de optimización (Diseño de experimentos, Búsqueda aleatoria, Búsqueda Hill-Climbing y Algoritmo Evolutivo EVONORM), las cuales se realizaron 3 veces. Para el diseño de experimentos, cuando el número de factores de un diseño factorial 2^k se incrementa, el número de corridas necesarias para realizar una réplica completa del diseño rebasa con rapidez los recursos de la mayoría de los experimentadores, y no es eficiente computacionalmente hablando. Es por ello que se optó por un experimento 2^{9-3}_{IV} con los niveles más bajo (0) y más alto (10), el cual es de 64 corridas [36]. Y se evaluó en el sistema de agentes mostrado anteriormente.

Para el Algoritmo de búsqueda aleatoria (Random Search) y el Algoritmo Hill Climbing se utilizaron 1000 ciclos, y en el caso del segundo algoritmo su utilización una vecindad de 0.052. En Evonorm, se calculó con los parámetros de $NTI=200$ (número total de individuos), y $NTIS=20$ (individuos seleccionados).

Los resultados comparativos que se obtuvieron con las distintas técnicas se muestran en la tabla 11. Donde podemos hacer o sugerir cambios en las políticas de innovación que modifiquen los valores para mejorar determinada condición o indicador.

4.2 Caso Capacidad de Innovación

El objetivo es la determinación óptima de los parámetros considerados para maximizar la capacidad de innovación de un Centro de Investigación.

La nomenclatura utilizada es la siguiente:

- Con: Se refiere al porcentaje de consolidación de las líneas de investigación.
- S.N.I: Se refiere al número de investigadores que pertenecen al Sistema Nacional de Investigadores.
- Doc: Se refiere al número de Doctores en ciencias.
- MC: Se refiere al número de Maestros en ciencias.
- PA: Se refiere al número de personal de apoyo.
- Conv: Indica el numero de convenios.
- Cal: Calidad de la infraestructura.
- Cinnv: Indica la calificación de la capacidad de innovación.

4.2.1 Arquitectura de agentes

Para la modelación se busca crear una representación del sistema, mediante entidades y sus relaciones (figura 32); que con lleva a poder simular y evaluar teorías sobre agentes.

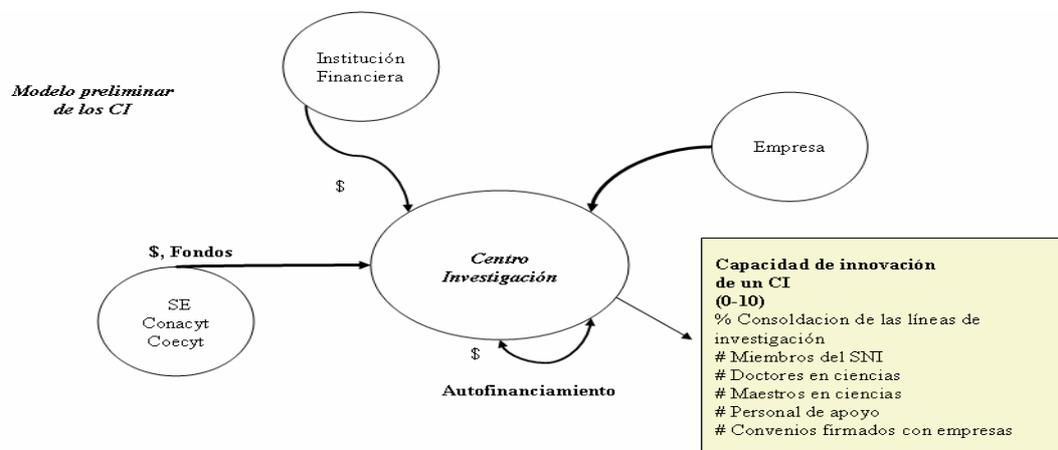


Fig. 32. Modelo preliminar “Capacidad de Innovación”

A continuación se describen los agentes que forman el sistema. En el agente llamado “Total” (tabla 6), se establece que de un monto total que se le asigna al Centro de investigación, también llamado CI, incluyendo, su propio presupuesto, fuentes de financiamiento, y los distintos apoyos de instituciones gubernamentales, como el CONACYT en sus distintos fondos de apoyo a la investigación y al desarrollo tecnológico e innovación; Consejos estatales y la Secretaria de Economía mediante sus propios mecanismos. Otra entrada de recursos financieros puede ser de las instituciones financieras privadas que financian proyectos de capital de riesgo. De ese total de presupuesto, se establece una política, para destinar fondos al autofinanciamiento, a infraestructura física y a infraestructura humana.

Tabla 6. Esquema del agente “Total”

Entradas	Agente	Salidas
Monto	Total	% Autofinanciamiento
		% Modelos de utilidad
		% Derechos de autor

El agente llamado “Self-Financing” utiliza el porcentaje del monto total que se le otorgó al autofinanciamiento, y se establece otra política del CI, para financiar patentes, modelos de utilidad y derechos de autor (tabla 7).

Tabla 7. Esquema del agente “Self-Financing”

Entradas	Agente	Salidas
% de Autofinanciamiento	Self-Financing	% Patentes
		% Modelos de utilidad
		% Derechos de autor

En el agente llamado “Quality” del porcentaje del monto total que se le otorgó infraestructura física, se mide la calidad de la infraestructura con la que cuenta el CI (tabla 8). Es decir la consolidación de sus laboratorios con equipo científico y/o de cómputo; como los Centros desarrollan acciones para el acopio de información y su registro; así como el grado de avance y consolidación de sus instalaciones físicas [37].

Tabla 8. Esquema del agente “Quality”

Entrada	Agente	Salida
% Infraestructura física	Quality	Calidad de la infraestructura

El agente llamado “Human resources” (tabla 9) esta formado por el porcentaje del monto total que se le otorgó infraestructura humana, el cual sostiene el capital humano con el que cuenta el Centro de Investigación. Para el número de

S.N.I. y de doctores en ciencias, se considero un mismo costo de 7500 unidades, para los maestros en ciencias se considero 3750 unidades y para el personal de apoyo se considero un costo de 2500 unidades.

Tabla 9. Esquema del agente “Human Resources”

Entrada	Agente	Salidas
% Infraestructura humana	Human resources	No. S.N.I.
		No. de Doc.
		No. de MC.
		No. de PA

El principal propósito es medir la capacidad de innovación de un Centro de Investigación y se realiza mediante el agente llamado “Cinnov” (tabla 10). La capacidad de innovación se define como la capacidad para generar conocimientos y llevarlos exitosamente al mercado. Posibilidad, aptitud, potencialidades, medios o facultades para innovar [38]. Donde su resultado esta basado en la forma de operar del centro de investigación, la cual se mide en un rango del 0 – 10, las entradas del agente se definen a continuación: La consolidación de las líneas de investigación, establece la forma como los CI se distinguen en temáticas de la frontera científica, estructuran la producción de conocimiento para fortalecer la creación de aportaciones científicas significativas y/o socialmente útiles. Como puede ser construcción de capital humano, grupos de investigación consolidados y/o en formación, foros para garantizar la intervención de los diferentes grupos en el proceso de creación y mejora de sus resultados científicos y la interacción con usuarios externos al centro, etc. [37]. El numero de investigadores que cuentan con el grado de S.N.I (Sistema Nacional de Investigadores); este nombramiento es para reconocer la labor de las personas dedicadas a producir conocimiento científico y tecnológico. Esta distinción simboliza la calidad y prestigio de las contribuciones científicas [39]. El numero de investigadores que cuenta con el grado de doctor en ciencias, así como los investigadores que cuentan con el grado de maestría en ciencias. El personal de apoyo de la institución, que apoya en las actividades tecnológicas, y de investigación. El numero de convenios firmados, vigentes así como operativos, con los que el CI este vinculado mediante un acuerdo con empresas, instituciones u organizaciones (redes).

Tabla 10. Esquema del agente “Cinnov”

Entradas	Agente	Salidas
% Consolidación	Cinnov	Capacidad de innovación
No. S.N.I.		
No. de Doc.		
No. de MC.		
No. de PA		
No. de convenios		

Los agentes concisos, se programaron en Matlab®, es decir el agente total, self_financing, human resources y quality. Y para el agente difuso Cinnov se realizan los elementos necesarios como las funciones de membresía correspondientes a las entradas del agente. Donde se les asocia variables lingüísticas como por ejemplo Muy bajo (MB), Bajo (B), Regular (R), Alto (A), Muy Alto (MA) y a cada valor de entrada le corresponde un valor. El modelo se alimenta con una base de datos, mediante reglas lingüísticas “si, entonces” conformadas de la siguiente manera:

If Con is MA **and** SNI is A **and** Doc is A **and** MC is A **and** PA is A **then** Cinn is MA

Es decir si la consolidación de las líneas de investigación es muy alta, y si el número de S.N.I. es alto, el número de doctores en ciencias es alto, el número de maestros en ciencias es alto, y el personal de apoyo es alto; entonces la capacidad de innovación es muy alta (apéndice II).

Finalmente se realiza la simulación siguiendo el proceso de la lógica difusa: Normalización, difusificación, inferencia (reglas), desdifusificación y desnormalización. Obteniendo diferentes valores de cantidad de capacidad de innovación, dependiendo del vector que contiene los parámetros.

4.2.2 Optimización

Por medio de las técnicas de optimización se busca maximizar la función objetivo propuesta:

$$f(x) = CI(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) \quad (3)$$

Donde $f(x)$ es la capacidad de innovación considerando el porcentaje de consolidación de las líneas de investigación, el número de S.N.I., el número de

Doctores, el numero de Maestros, el personal de apoyo y el numero de convenios, (x1,x2,x3,x4,x5,x6) respectivamente. Para ello se hace uso de distintas técnicas de optimización (Diseño de experimentos, Búsqueda aleatoria, Búsqueda Hill-Climbing, Algoritmo Evolutivo EVONORM y algoritmo genético), las cuales se realizaron 3 veces. Para el diseño de experimentos, se ha utilizado un diseño 2^k que en nuestro caso es un 2^6 es decir 6 factores con dos niveles, el mas bajo, y el mal alto (0, 10), es un diseño completo de 64 corridas. También se opto por un diseño 3^k , es decir 3^6 , 6 factores con 3 niveles, (0, 5, 10), completo de 729 corridas. Finalmente también se realizo un diseño central compuesto completo de 90 corridas. Sin embargo se obtuvo el mismo resultado, ya que al analizar su análisis de varianza, solo eran significantes, el factor de consolidación de las líneas de investigación (x1) y su cuadrático [36]. Para el Algoritmo de búsqueda aleatoria (random search) y el Algoritmo Hill Climbing se utilizaron 1000 ciclos, y en el caso del segundo algoritmo su utilizo una vecindad de 0.152. En Evonorm, se calculo con los parámetros de NTI=200 (numero total de individuos), y NTIS=20 (individuos seleccionados). El algoritmo genético utilizo como parámetros, 0.01, como parámetro de mutación, 0.9 como parámetro de cruce, 200 generaciones y 250 el numero total de individuos.

Los resultados comparativos que se obtuvieron con las distintas técnicas se muestran en la tabla 12.

5. RESULTADOS

5.2 Caso Patentes

Tabla 11. Resultados finales de “Patentes”

Evaluación	Apoyo a Pymes	Incentivo al emprendimiento	Infraestructura	Nivel de Servicios	Costos	Grado de Estudios	Ingles	Experiencia profesional	Certificaciones	Patentes
Diseño de Experimentos	10	10	10	10	10	10	1	10	10	3.5
Random Search	8.17	6.92	7.08	6.74	1.18	2.7	0.78	9.46	8.26	4.5
Hill Climbing	6.98	8.81	8.66	8.2	1.27	5.79	0.71	6.49	8.41	5.4
Evonorm	7.79	9.9	5.46	9.95	3.04	10	0	9.95	10	6.57

5.2 Caso Capacidad de innovación

Tabla 12. Resultados comparativos finales de “Capacidad de Innovación”

Evaluación	Consolidacion	S.N.I	Doc	MC	PA	Convenios	Capacidad de innovacion
Diseño de Experimentos	10	0	0	0	0	10	7.3333
Random Search	8.7038	0.0993	1.3701	8.1876	4.3017	8.903	7.3333
Hill Climbing	9.522068	7.19321	7.793424	6.17659	6.4924	7.563	7.4967
Evonorm	9.7586	6.6660	6.6660	6.6660	6.6660	9.516	7.5
GA	9.0201	6.6656	6.6658	6.6664	6.6656	9.708	7.5

5.3 Análisis de resultados

En cuanto al caso patentes donde muestra los resultados finales comparativos contenidos en la tabla 11. En la tabla final comparativa se puede observar que la cantidad mas baja de patentes la obtuvimos con el diseño de experimentos, y cabe mencionar que los parámetros para encontrar dicha cantidad son los “óptimos” excepto en el costo; encuentra la máxima cantidad de patentes utilizando el costo mas alto. También se puede percatar de que proyecta una solución o conclusión impractica, por los valores “óptimos”. Otro aspecto importante es el hecho de que se utilizo un diseño fraccionado, ya que el completo hacia el proceso muy complejo además de ser costoso computacionalmente. En el segundo y tercer caso, los

parámetros son muy parecidos, casi todas las condiciones se encuentran en un nivel de regular a alto y sobresale el hecho de que ya encuentra el valor óptimo con un costo bajo; así como también podemos marcar o diferenciar en el grado de estudios, el algoritmo random search es un grado de técnico superior o ingeniería y el del Hill climbing es un grado de ingeniería o maestría. Pero el que obtiene un valor más óptimo es el algoritmo Hill Climbing por una unidad más arriba, y solo a partir de estas técnicas de optimización las condiciones óptimas no son tan estrictas o rígidas como las anteriores, nos permite encontrar la máxima cantidad de patentes en condiciones más reales. El último caso es el que obtiene el valor más óptimo en la maximización de la cantidad de patentes, tres unidades por arriba del diseño de experimentos, dos por arriba del random search y una por encima del Hill climbing. Y muestra altos niveles en incentivos al emprendimiento y en el grado de de estudios, a un nivel de doctorado. Otra observación es que maneja un nivel de inglés muy bajo y este resultado al probarse en el modelo, se concluye que el valor es correcto y que para el sistema señalado, no es significativo el nivel de inglés, de todas maneras se considera necesario revisar las reglas, ya que aunque no sea altamente significativa si deba influir.

Y respecto al caso de capacidad de innovación donde se muestran los resultados finales comparativos contenidos en la tabla 12, se puede observar que la más baja calificación de la capacidad de innovación la obtuvimos con el diseño de experimentos, y cabe mencionar que los parámetros para encontrar dicha calificación son los “óptimos” en la consolidación así como el número de convenios; encuentra la máxima calificación de la capacidad de innovación utilizando solo esos dos parámetros. Otro aspecto importante es el hecho de que se optó por varios diseños experimentales, los cuales concluyeron el mismo resultado. También se puede percatar de que proyecta una solución o conclusión impráctica, por la falta de apego a la realidad, de ignorar los otros parámetros. En la búsqueda aleatoria, se obtiene el mismo valor de 7.3333, pero atrae una solución con más apego a la realidad, sugiere tener una alta consolidación, un bajo número de miembros del S.N.I, y Doctores, pero una cantidad alta de Maestros, además de contar con una aceptable plantilla de personal de apoyo, y un número alto de convenios.

A continuación el Hill climbing con un resultado de 7.49, tienen un incremento significativos todos los parámetros pero destaca de entre ellos el de la consolidación. Sugiere mantener altos los demás indicadores, pero el de consolidación mantenerlo a tope. Los últimos dos el Evonorm y el algoritmo genético son los que obtienen el valor óptimo, en la maximización de la capacidad de innovación; obteniendo el mismo valor de 7.5 en la maximización de la capacidad de innovación, además de que los valores de los parámetros también son muy parecidos. Muestran altos niveles en la consolidación y en los convenios y aceptables en los demás parámetros.

6. CONCLUSIONES

El aumento de la innovación es fundamental para las empresas, ya que puede determinar el éxito a futuro de una organización, es decir el de permanecer vigentes y sobrevivir al entorno en el que nos encontramos; el cual, se caracteriza por una creciente dinamicidad, incertidumbre y turbulencia; y haciendo conciencia de la necesidad en la preparación para tomar decisiones. Se puede decir que el documento presenta una metodología para evaluar un Sistema de Innovación o la capacidad de innovación de una organización y apoyar la toma de decisiones a pesar de la incertidumbre. La metodología también se ha apoyado en el manejo de distintas técnicas, diseño de experimentos, algoritmo de búsqueda aleatoria, algoritmo del alpinista, el algoritmo evolutivo Evonorm, o el GA; para lograr la optimización, encontrar las políticas para mejorar un indicador, una predicción del comportamiento futuro del sistema y, de ésta forma, anticiparse o amortiguar los cambios, o auxiliar al proceso de toma de decisiones de la institución o empresa, para la consecución de un objetivo concreto. Y para los casos de estudio fue notorio que todas las soluciones recalcan la importancia de las políticas de innovación, para el primer caso, y recalcar la importancia de la consolidación y de la vinculación permanente del CI. Es importante que los encargados de formular políticas para que los Sistemas de Innovación funcionen, enfoquen especial atención a estos aspectos, como importante fuente de lograr ventajas competitivas sostenibles.

Se puede decir que el documento presenta una solución a la optimización de parámetros en los dos casos, por medio de las técnicas de optimización empleadas.

Como trabajo futuro, se pretende enriquecer el modelo mediante más agentes, la interacción entre ellos, de forma que se eviten el mayor número de generalizaciones. De igual manera se considera necesario revisar las reglas, así como la validación del modelo mediante encuestas, bases de datos, etc. Finalmente como parte del proyecto de Fondos Mixtos del Estado de Coahuila, presentar un modelo preliminar de innovación estatal, mediante agentes inteligentes, pretendiendo ser la base, para elevar los indicadores de innovación en la región.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] E. Velasco, “El papel de las organizaciones de apoyo a la innovación en los sistemas de innovación regional: reflexiones sobre su diseño y funcionamiento”, Universidad el País Vasco, 2002.
- [2] I. Fernández de Lucio, “Análisis y medición de las interacciones en los Sistemas Regionales de Innovación. Su relación con la trayectoria histórica y tecnológica de las regiones”, Universidad Politécnica de Valencia, 2004.
- [3] Yoguel G. (2005), *Conglomerados y desarrollo de sistemas locales de innovación*, LITTEC.
- [4] C. Montero and P. Morris, “Territorio, competitividad sistémica y desarrollo endógeno, Metodología para el estudio de los Sistemas Regionales de Innovación”, Asesorías Estratégicas Ltda., documento pdf, 2003.
- [5] Aguilar M. & Rivera I. (2005), *Modelo dinámico del sistema Mexicano de innovación*, UPIICSA, Instituto Politécnico Nacional.
- [6] N. Sharif, “Emergence and development of the National Innovation Systems concept”, pp~745-766, Jun 2006.
- [7] C. Werker, “Innovation, market performance, and competition: lessons from a product life cycle model”, pp~281-290, Oct 2001.
- [8] V. Albino and N. Carbonara and I. Giannoccaro, “Innovation in industrial districts: An agent-based simulation model”, pp ~30-45, Feb 2005.
- [9] S. März and M. Friedrich-Nishio and H. Grupp, "Knowledge transfer in an innovation simulation model", pp~138-152, May 2005.
- [10] L. Caprino and P. Russo, “Developing a paradigm of drug innovation: an evaluation algorithm”, pp~999-1006, Nov 2006.
- [11] K. Galanakis, *Innovation process. Make sense using systems thinking*, University of Warwick, 2005.
- [12] C. Freeman, *Sistemas de Innovación continental, nacional y subnacional. Interrelación y crecimiento económico*, SPRU, Universidad de Sussex, 2004.
- [13] Yuan-Chieh Chang, Ming-Huei Chen, *Comparing approaches to systems of innovation: the knowledge perspective*, 2003.
- [14] J. L. Solleiro Rebolledo, *El Sistema Nacional de Innovación y la competitividad del sector manufacturero en México*, 2006.
- [15] R. Jorda Borrell, A. Luís Lucendo, “Escenarios para una estadística sobre innovación de dimensión regional. Su aplicación en Andalucía”, Universidad de Sevilla, 2002.
- [16] M. Buesa, T. Baumert, J. Heijs y M Martínez, “Los Factores determinantes de la innovación: Un análisis econométrico sobre las regiones españolas”, Universidad Complutense de Madrid, 2002.
- [17] The Finnish National Innovation System, ERRIN (European Regions Research and Innovation Network), Helsinki University Press, 2005.
- [18] Comisión Nacional de Investigación científica y Tecnológica, Chile.
- [19] Arizona Center for Innovation.

- [20] El Sistema Nacional de Innovación, Centros de Estudios Económicos Tomillo, 2002.
- [21] Ministerio de Ciencia y Educación de España.
- [22] Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Guanajuato (CONCYTEG).
- [23] Gobierno del Estado de Baja California Norte.
- [24] Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología de Tamaulipas (COTACYT).
- [25] J. Yen and R. Langari, *Fuzzy Logic: Intelligence, Control and Information*, EUA: Prentice-Hall, 2000.
- [26] J. M. Mendel, *Fuzzy Logic systems for Engineering: A Tutorial*, Fellow, IEEE, 1995.
- [27] M. G. C. Resende and J. L. Gonzalez Velarde, “GRASP: Greedy Randomized Adaptive Search Procedures”, *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, pp~61-76, 2003.
- [28] F. J. Solis and R. J-B Wets, “Minimization by random search techniques”, pp~19-30, Feb 1981.
- [29] D. B. Skalak, “Prototype and Feature Selection by Sampling and Random Mutation Hill Climbing Algorithms”, 1994.
- [30] L. Torres Treviño, “EvoNorm, A New Evolutionary Algorithm to Continuous Optimization,” in *Optimization by Building and Using Probabilistic Models*, Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO-2006), Seattle, 2006.
- [31] L. Torres Treviño and A. Gelbuckh and S. Guerra, “Evonorm: Easy and effective implementation of estimation of distribution algorithms”, pp~ 75-83, 2006.
- [32] D. E. Goldberg, *Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning*, Oxford University Press, New York, 1989.
- [33] J. L. Álvarez-Gayou Jurgenson, *Como hacer investigación cualitativa, Fundamentos y metodología*, Paidós Ecuador, 2003.
- [34] Irigoin M. & Vargas F. (2002), *Competencia laboral: manual de conceptos, métodos y aplicaciones en el sector salud*, Cinterfor, 252 p. il.
- [35] www.impi.gob.mx.
- [36] Montgomery D. C. (2006), *Diseño y análisis de experimentos*, Limusa, Wiley.
- [37] Sistema nacional de redes de grupos y centros de investigación del CONACYT.
- [38] J. J. Goñi, “La Innovación Empresarial. Una capacidad sistémica de la Organización Modelo Capital Innovación (MCI)”, Instituto IBERMÁTICA de Innovación, Nov 2005.
- [39] CONACYT
- [40] Herramientas para diseñar estrategias regionales de innovación. Patricia Somorrostro Lopez y Ma. Jesus Barrada Beiras.
- [41] An intelligent System for the Innovation Value Chain Evaluation, Luis M. Torres-Treviño, Rocio P. Morales-Valdes, Claudia Gonzalez-Rodríguez.

ANEXOS

Apéndice II

Reglas del agente “Centro de Reclutamiento”

if	G es MB	and	I es MB	and	DP es MB	and	C es MB	then	EE es MB	1111
if	G es MB	and	I es MB	and	DP es B	and		then	EE es MB	11201
if	G es MB	and	I es MB	and	DP es R	and		then	EE es MB	11301
if	G es MB	and	I es MB	and	DP es R	and	C es R	then	EE es B	11332
if	G es MB	and	I es MB	and	DP es R	and	C es A	then	EE es B	11342
if	G es MB	and	I es MB	and	DP es R	and	C es MA	then	EE es R	11353
if	G es MB	and	I es MB	and	DP es A	and			EE es R	11403
if	G es MB	and	I es MB	and	DP es A	and	C es MA	then	EE es R	11453
if	G es MB	and	I es MB	and	DP es MA	and		then	EE es R	11503
if	G es MB	and	I es MB	and	DP es MA	and	C es MA	then	EE es R	11553
if	G es MB	and	I es B	and	DP es MB	and		then	EE es MB	12101
if	G es MB	and	I es B	and	DP es MB	and	C es A	then	EE es B	12142
if	G es MB	and	I es B	and	DP es MB	and	C es MA	then	EE es B	12152
if	G es MB	and	I es B	and	DP es B	and		then	EE es B	12202
if	G es MB	and	I es B	and	DP es B	and	C es A	then	EE es R	12243
if	G es MB	and	I es B	and	DP es B	and	C es MA	then	EE es R	12233
if	G es MB	and	I es B	and	DP es R	and		then	EE es B	12302
if	G es MB	and	I es B	and	DP es R	and	C es A	then	EE es R	12343
if	G es MB	and	I es B	and	DP es R	and	C es MA	then	EE es R	12353
if	G es MB	and	I es B	and	DP es A	and		then	EE es R	12403

Reglas del agente “Gobierno”

if	INF es MB	and	NS es MB	and	C son MB	then	CAL es B	1112
if	INF es MB	and	NS es MB	and	C son B	then	CAL es B	1122
if	INF es MB	and	NS es MB	and	C son R	then	CAL es B	1132
if	INF es MB	and	NS es MB	and	C son A	then	CAL es MB	1141
if	INF es MB	and	NS es MB	and	C son MA	then	CAL es MB	1151
if	INF es MB	and	NS es B	and	C son MB	then	CAL es B	1212
if	INF es MB	and	NS es B	and	C son B	then	CAL es B	1222
if	INF es MB	and	NS es B	and	C son R	then	CAL es B	1232
if	INF es MB	and	NS es B	and	C son A	then	CAL es MB	1241
if	INF es MB	and	NS es B	and	C son MA	then	CAL es MB	1251
if	INF es MB	and	NS es R	and	C son MB	then	CAL es B	1312
if	INF es MB	and	NS es R	and	C son B	then	CAL es B	1322
if	INF es MB	and	NS es R	and	C son R	then	CAL es B	1332
if	INF es MB	and	NS es R	and	C son A	then	CAL es MB	1341
if	INF es MB	and	NS es R	and	C son MA	then	CAL es MB	1351
if	INF es MB	and	NS es A	and	C son MB	then	CAL es R	1413
if	INF es MB	and	NS es A	and	C son B	then	CAL es R	1423
if	INF es MB	and	NS es A	and	C son R	then	CAL es B	1432
if	INF es MB	and	NS es A	and	C son A	then	CAL es B	1442
if	INF es MB	and	NS es A	and	C son MA	then	CAL es B	1452

Reglas del agente “Gobierno & Empresa”

if	PD es MM	and	PE son MM	then	PI son MM	111
if	PD es M	and	PE son MM	then	PI son MM	211
if	PD es R	and	PE son MM	then	PI son M	312
if	PD es B	and	PE son MM	then	PI son M	412
if	PD es MB	and	PE son MM	then	PI son R	513
if	PD es MM	and	PE son M	then	PI son MM	121
if	PD es M	and	PE son M	then	PI son M	222
if	PD es R	and	PE son M	then	PI son M	322
if	PD es B	and	PE son M	then	PI son R	423
if	PD es MB	and	PE son M	then	PI son R	523
if	PD es MM	and	PE son R	then	PI son M	132
if	PD es M	and	PE son R	then	PI son R	233
if	PD es R	and	PE son R	then	PI son R	333
if	PD es B	and	PE son R	then	PI son B	434
if	PD es MB	and	PE son R	then	PI son B	534
if	PD es MM	and	PE son B	then	PI son M	142
if	PD es M	and	PE son B	then	PI son R	243
if	PD es R	and	PE son B	then	PI son B	344
if	PD es B	and	PE son B	then	PI son B	444
if	PD es MB	and	PE son B	then	PI son MB	545

Reglas del indicador “Patentes”

if	NE es MB	and	PI es MM	and	TIC son MM	then	PAT es MB	1111
if	NE es MB	and	PI es MM	and	TIC son M	then	PAT es MB	1121
if	NE es MB	and	PI es MM	and	TIC son R	then	PAT es MB	1131
if	NE es MB	and	PI es MM	and	TIC son B	then	PAT es MB	1141
if	NE es MB	and	PI es MM	and	TIC son MB	then	PAT es B	1152
if	NE es MB	and	PI es M	and	TIC son MM	then	PAT es MB	1211
if	NE es MB	and	PI es M	and	TIC son M	then	PAT es MB	1221
if	NE es MB	and	PI es M	and	TIC son R	then	PAT es MB	1231
if	NE es MB	and	PI es M	and	TIC son B	then	PAT es MB	1241
if	NE es MB	and	PI es M	and	TIC son MB	then	PAT es B	1252
if	NE es MB	and	PI es R	and	TIC son MM	then	PAT es MB	1311
if	NE es MB	and	PI es R	and	TIC son M	then	PAT es B	1322
if	NE es MB	and	PI es R	and	TIC son R	then	PAT es B	1332
if	NE es MB	and	PI es R	and	TIC son B	then	PAT es B	1342
if	NE es MB	and	PI es R	and	TIC son MB	then	PAT es B	1352
if	NE es MB	and	PI es B	and	TIC son MM	then	PAT es MB	1411
if	NE es MB	and	PI es B	and	TIC son M	then	PAT es B	1422
if	NE es MB	and	PI es B	and	TIC son R	then	PAT es B	1432
if	NE es MB	and	PI es B	and	TIC son B	then	PAT es B	1442
if	NE es MB	and	PI es B	and	TIC son MB	then	PAT es R	1453